

**RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA FORMACIÓN EL FLORAL –
CIÉNAGA DE ORO A PARTIR DE UNA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA ENTRE
LOS MUNICIPIOS DE MONTERIA Y PLANETA RICA**

Silvana Castillo Guerra

Laura Soto López

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE CIENCIAS

GEOLOGÍA

2017

**RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA FORMACIÓN EL FLORAL –
CIÉNAGA DE ORO A PARTIR DE UNA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA ENTRE
LOS MUNICIPIOS DE MONTERIA Y PLANETA RICA**

Silvana Castillo Guerra

Laura Soto López

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Geóloga

Asesor: Andrés Cardenas Rozo

MEDELLÍN

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE CIENCIAS – GEOLOGÍA

2017

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Medellín, junio de 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, familia y amigos. Agradecimientos especiales
a Elizabeth Romero, Andrés Cardenas y José Ignacio
Martínez (Q.E.P.D)
- Silvana Castillo G.

A todos los que hicieron posible este logro: Dios, familia,
amigos, Elizabeth Romero, Andres Cardenas y
José Ignacio Martínez (Q.E.P.D)
- Laura Soto.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	13
1.1	JUSTIFICACIÓN.....	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo general.....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
1.3	METODOLOGÍA.....	15
1.3.1	Revisión bibliográfica	15
1.3.2	Trabajo de campo	15
1.3.3	Análisis de muestras.....	16
1.3.4	Construcción de la columna estratigráfica	18
1.3.5	Interpretación de la información y determinación del ambiente de acumulación.....	20
1.4	LOCALIZACIÓN	20
1.4.1	VIAS DE ACCESO.....	20
2	MARCO GEOLÓGICO.....	22
3	SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA	26
3.1	DESCRIPCIÓN	26
4	PETROGRAFÍA	57
5	AMBIENTES SEDIMENTARIOS	64
5.1	DESCRIPCION DE FACIES.....	64
5.1.1	Playa (F1)	64
5.1.2	Frente de playa superior a playa frontal (F2).....	66
5.1.3	Llanura deltaica (F3).....	67
5.1.4	Playa en condiciones secas (F4).....	68
5.1.5	Playa a llanura deltaica (F5)	69
5.1.6	Llanura deltaica superior (F6).....	70
5.1.7	Levees asociados a llanuras deltaicas (F7).....	71
5.1.8	Frente de playa inferior (F8)	72
5.1.9	Canales distributarios (F9).....	72

5.2 RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL	73
6 DISCUSIÓN	86
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
8 BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS	93

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Escala granulométrica de rocas siliciclasticas (Wentworth, 1922), con angularidad/redondez y selección de los granos. Tomado de Sigma Gamma Epsilon, Kent State University.....	16
Figura 2. Clasificación de rocas carbonatadas según Dunham (1962). Tomado de Nichols (2009).....	17
Figura 3. Clasificación de areniscas según Folk (1974) b. Clasificación de calizas según Folk (1959, 1962). Tomado de Adams et al. (1984).....	17
Figura 4. Abreviaciones de minerales usadas en el análisis petrográfico	18
Figura 5. Simbología utilizada en la columna estratigráfica	19
Figura 6. Localización de la sección estratigráfica	21
Figura 7. Cuenca Sinú – San Jacinto.....	23
Figura 8 a. Cuarzoarenita con gradación inversa, b. Lodolita, c. Subarcosa con gradación normal, d. Conglomerado con moldes de bivalvos, e. Subarcosa con bivalvos y gasterópodos, f. Subarcosa con láminas de óxidos	28
Figura 9. Sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde la base hasta los 33,78m	29
Figura 10 a. Lodolita con madrigueras verticales, b. Lodolita tabular, c. Carbón en contacto irregular con lodolita (inferior) y en contacto irregular con sublitoarenita con yeso (superior), d. Carbón con madera fosilizada, e. Sublitoarenita fina, f. Carbón de 0,25m, g. Lodolita friable.....	30
Figura 11 a. Subarcosa fosilífera, b. Intercalación de sublitoarenita de grano fino a grueso, c. Bivalvos en la intercalación de sublitoarenita, d. Sublitoarenita de color blanco, e. Sublitoarenita fosilífera de bivalvos y gasterópodos, f. Sublitoarenita con nódulos.	32
Figura 12 a. Sublitoarenita con lentes de limo, b. Laminación de materia orgánica en la sublitoarenita, c. Formas redondas de material más grueso en estrato de sublitoarenita, d. Carbón de 0,1m, e. Subarcosa con intraclastos y laminación de materia orgánica, f. Intercalación de grano fino a grueso de sublitoarenita.	33
Figura 13 a. Falla normal sobre estratos b. Sublitoarenita fosilífera, c. Cuarzoarenita con guijos y conchas de bivalvos, d. Concreciones en sublitoarenitas, e. Equinodermos en concreciones, f. Arcosa lítica con óxidos	34
Figura 14. a. Arcosa con intercalación de bandas de óxidos, b. Nódulos, c. Falla sobre estratos de lodolitas y manto de carbón.....	35
Figura 15. Sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 33,78m hasta los 66,27m	36

Figura 16. Estratos de lodolitas, carbón y areniscas afectados por fallas normales	37
Figura 17 a. Intercalación de areniscas de grano medio a grueso de 3,3m, b. Cuarzoarenita de grano muy grueso – conglomerático, c. Lodolita fosilífera, d. Estratos de areniscas, e. Arcosa muy fina, f. Contacto entre arcosa y sublitoarenita, g. Arcosa con láminas de óxido, h. Sublitoarenita con madrigueras verticales	39
Figura 18 a. Intercalación de cuarzoarenita y sublitoarenita, b. Sublitoarenita de grano grueso, c. Estratificación cruzada	40
Figura 19 a. Lámina de carbón y lodolita color marrón, b. Carbón de 0,2m c. Cuarzoarenita fina, d. Intercalación de sublitoarenita media a muy gruesa-conglomerática.....	41
Figura 20 a. Sublitoarenita con madrigueras verticales y láminas de óxidos, b. Intercalación de tamaño medio a muy grueso-conglomerático, c. Contacto entre sublitoarenitas y arcosa, d. Sublitoarenita con madrigueras verticales, e. Arcosa con materia orgánica, f. Falla afectando subarcosa con laminaciones de materia orgánica	42
Figura 21 a. Intercalación de sublitoarenita, tamaño medio a muy grueso-conglomerático, b. Intercalación en tonalidades grisáceas.	43
Figura 22. Sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 66,97m hasta los 97,54m	44
Figura 23 a. Sublitoarenita de grano medio, b. Lodolita gris friable, c. Carbón de 0,2m, d. Subarcosa fina, e.Lodolita friable, f. Sublitoarenita fina, g.Lodolita, h. Estratos de lodolita y carbón.....	45
Figura 24 a. Litoarenita feldespática afectado por falla inversa, b. Subarcosa fino, c. Lodolita gris friable, d. Carbón de 0,35m	46
Figura 25 a. Lodolita gris friable de 7,2 m, b. Fragmentos de carbón sobre lodolita, c. Contacto entre carbón y lodolitas. Los puntos azul, rojo, amarillo y verde corresponden a los estratos de lodolita de 0,35m, carbón de 0,35m, 1,8m de lodolita y un carbón con sulfuros de 0,95m, respectivamente	47
Figura 26 a. Carbón, b. Subarcosa con laminación paralela de lodo, c. Lodolita gris friable.	48
Figura 27 a. Cuarzoarenita con laminación paralela de materia orgánica, b. Subarcosa de grano fino suprayacida por cuarzoarenita, c. Arcosa fina	49
Figura 28. Sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 97,54m hasta los 129,44m	50
Figura 29. a. Lodolita friable, b. Estratos de lodolita y carbón, c. Materia orgánica en la subarcosa, d. Sublitoarenita con madrigueras	51

Figura 30 a. Lodolita fosilífera con nódulos, b. Bivalvos, c. Sublitoarenita con materia orgánica, d. Caliza wackestone, e. Wackestone con Bivalvos y gasterópodos	52
Figura 31. a. Subarcosa con materia orgánica, b. Subarcosa intercalada con lodolitas y materia orgánica, c. Subarcosa de grano medio, d. Carbón y sublitoarenita con laminación paralela de materia orgánica, e. Lodolita frfable, f. Estratificación entre lodolita y carbón, g. Estructuras de carga y laminación de materia orgánica en cuarzoarenita, h. Estratos de carbón y lodolita, i. Carbón	54
Figura 32 a. Estratos de carbón y lodolitas que subyacen por un contacto erosivo a subarcosa , b. Estratificación cruzada en subarcosa, c. Láminas de óxidos	55
Figura 33 a. Subarcosa de grano medio con láminas de óxidos, b. Patrón de lodolitas y carbones. El punto morado corresponde al estrato de subarcosa bioturbada, techo de la sección	56
Figura 34. Clasificación composicional según Folk (1974) de las rocas silisiclásticas de la sección estudiada	57
Figura 35 a y b. Sección LS 2D – Objetivo 4x, Subarcosa; c y d. Sección LS 2O - Objetivo 10x, Sublitoarenita; e y f. Sección LS – 2P – Objetivo 10x, Sublitoarenita.	59
Figura 36. a y b. Sección LS 2Q – Objetivo 10x, Arcosa lítica; c y d. Sección LS 2R - Objetivo 10x, Arcosa; e y f. Sección LS – 3W – Objetivo 10x, Arcosa.....	61
Figura 37. a y b. Sección LS 3Y – Objetivo 4x, Sublitoarenita; c y d. Sección LS 3BB - Objetivo 4x, Sublitoarenita.	62
Figura 38. a y b. Sección LS 4QQ – Objetivo 4x, Micrita fosilífera; c y d. Sección LS 4UU - Objetivo 10x, Cuarzoarenita	63
Figura 39. Facies Playa (F1).....	64
Figura 40. Facies Frente de playa superior a playa frontal (F2).....	66
Figura 41. Facies Llanura deltaica (F3)	67
Figura 42. Facies Playa en condiciones secas (F4).....	68
Figura 43. Facies Playa a Llanura deltaica (F5).....	69
Figura 44. Facies Llanura deltaica superior (F6).....	70
Figura 45. Facies Leeves (F7)	71
Figura 46. Facies Frente de playa inferior (F8).....	72
Figura 47. Facies Canales distributarios (F9)	72
Figura 48. Ambientes transicionales en la sección estratigráfica estudiada	73
Figura 49. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde la base hasta los 33,78m	75

Figura 50. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 33,78m hasta los 66,27m.....79

Figura 51. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde 66,27m hasta los 97,84m81

Figura 52. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 97,84m hasta el techo.....83

TABLA DE ANEXOS

ANEXO A. Columna estratigráfica con descripción de estratos. Escala 1:150	93
ANEXO B. Formatos de análisis de muestras petrográficas.....	98

RESUMEN

La Formación El Floral – Ciénaga de Oro está compuesta por rocas sedimentarias como conglomerados, areniscas desde tamaño de grano muy finos a muy gruesos, lodolitas, carbones y calizas; acompañadas de estructuras sedimentarias, trazas y contenido fósil. A partir del levantamiento de una sección estratigráfica, ubicada entre los municipios de Montería y Planeta Rica, se realiza el análisis de facies y la reconstrucción paleoambiental, interpretándose como una secuencia característica de ambientes transicionales, de deltas a marinos someros. Entre los procesos que se cree que dominaron se encuentran: la avulsión del canal afectado por la variación del aporte de sedimentos y la disminución del caudal, permitiendo que procesos marinos actuaran sobre ambientes continentales. La aparición de las mismas facies, a lo largo de la sección estratigráfica estudiada evidencia que la Formación El Floral – Ciénaga de Oro estuvo influenciada por la autociclicidad característica de los deltas y no por cambios relativos y eustáticos del nivel del mar, como ha sido propuesto anteriormente. También a partir de la información recolectada, se determina que la Formación El Floral – Ciénaga de Oro se deposita en el intervalo de tiempo Oligoceno – Mioceno, en el cual se pudieron dar cambios climáticos reflejados en la aparición de minerales como yeso.

Palabras claves: El Floral, Ciénaga de Oro, facies, reconstrucción paleoambiental, deltas, marino, autociclicidad, Oligoceno, Mioceno, cambios climáticos

1 INTRODUCCIÓN

Una columna estratigráfica es la representación utilizada para la descripción de la ubicación vertical de los estratos que componen un área específica. Para su construcción, se realizan mediciones de espesores, descripciones de los contactos entre los estratos o capas e identificación de estructuras y litología (composición y textura). La interpretación de esta herramienta junto con el análisis de la litología, entre ellas su composición y material fosilífero permiten deducir el ambiente deposicional y la procedencia de los sedimentos.

El presente trabajo de grado consiste en el levantamiento de la sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro, ubicada en el departamento de Córdoba, entre los municipios de Montería y Planeta Rica. En su totalidad, afloran rocas sedimentarias tanto detríticas como químicas, con material fosilífero como bivalvos, gasterópodos y equinodermos.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La determinación de un ambiente sedimentario y de acumulación es fundamental para el estudio y entendimiento de una formación geológica, es por ello que, se considera la realización de este trabajo de grado. Algunos de los estudios realizados sobre la Formación El Floral- Ciénaga de Oro afirman que, es producto de fluctuaciones locales en el nivel del mar durante el Oligoceno – Mioceno, mientras que otros argumentan un ambiente deltaico.

A partir de perforaciones en el pozo Montería – 01, el cual atraviesa los sedimentos basales de la Formación Ciénaga de Oro en el área de Campanito, Dueñas (1983) observa una serie de asociaciones palinológicas interpretadas como fluctuaciones del nivel del mar durante la acumulación.

Por otro lado, Bermudez et al. (2009) por medio de análisis palinológicos en muestras de pozos sobre la Cuenca Sinú, afirma paleoambientes marinos a relativamente someros, de plataforma y frente de playa inferior para la Formación El Floral y deltaicos a marino someros para la Formación Ciénaga de Oro.

Es por ello, que este trabajo no solo aporta información a la discusión, si no que se desarrolla con una metodología diferente a los anteriores, el levantamiento e interpretación de una sección estratigráfica que aflora en una localización distinta a las ya trabajadas, con un espesor y continuidad considerable.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Reconstruir paleoambientalmente la Formación El Floral – Ciénaga de Oro a partir de una sección estratigráfica entre los municipios de Montería y Planeta Rica.

1.2.2 Objetivos específicos

- Revisar bibliografía sobre los ambientes de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro.
- Levantar la sección estratigráfica localizada entre los municipios de Montería y Planeta Rica.
- Analizar macro y microscópicamente las muestras obtenidas de la sección estratigráfica.
- Construir la columna estratigráfica detallada de la sección estratigráfica.
- Interpretar la información adquirida durante el levantamiento, construcción y análisis de muestras.

- Determinar el ambiente de sedimentación de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro.

1.3 METODOLOGÍA

1.3.1 Revisión bibliográfica

Para la realización de este trabajo, inicialmente se realizó una revisión bibliográfica sobre las formaciones El Floral – Ciénaga de Oro. En ella, se conocieron detalles de su litología, composición, material fosilífero, edad y ambientes de acumulación, trabajados en secciones tipo ubicadas en los departamentos de Córdoba y Sucre. Gran parte de esta información se encuentra consignada en las memorias geológicas que abarcan el cinturón Sinú – San Jacinto.

1.3.2 Trabajo de campo

Para el levantamiento de la sección estratigráfica de la Formación El Floral- Ciénaga de Oro, se realizó un trabajo de campo de cuatro días en el departamento de Córdoba sobre la carretera que va entre los municipios de Montería a Planeta Rica. Sobre ella, afloran aproximadamente 300m de rocas sedimentarias de manera continua.

El método utilizado para el levantamiento fue de cinta y brújula, junto a la recolección de muestras macro de los estratos observados, teniendo en cuenta, la variación litológica de ellos. Para la descripción detallada de la litología, se utilizaron herramientas como lupas 4x, tabla de color de rocas de Munsell, escala granulométrica (Wentworth) y ácido clorhídrico.

En total, se recolectaron 65 muestras y se levantaron 129,44 m de espesor estratigráfico en la sección estudiada.

1.3.3 Análisis de muestras

Las muestras recolectadas durante el trabajo de campo fueron analizadas en la ciudad de Medellín, en los laboratorios de geología de la Universidad EAFIT. Para lograr algunos de los objetivos planteados, fue necesario la elaboración de secciones delgadas a partir de las muestras tomadas.

- Análisis de muestras macroscópicamente: Las muestras fueron analizadas por primera vez a esta escala en campo, sin embargo, para la verificación y confirmación de la información se utilizaron microscopios estereoscópicos de laboratorio. Texturalmente, las rocas siliciclásticas y carbonatadas fueron clasificadas con Wenworth (1922) y Dunham (1962), respectivamente.

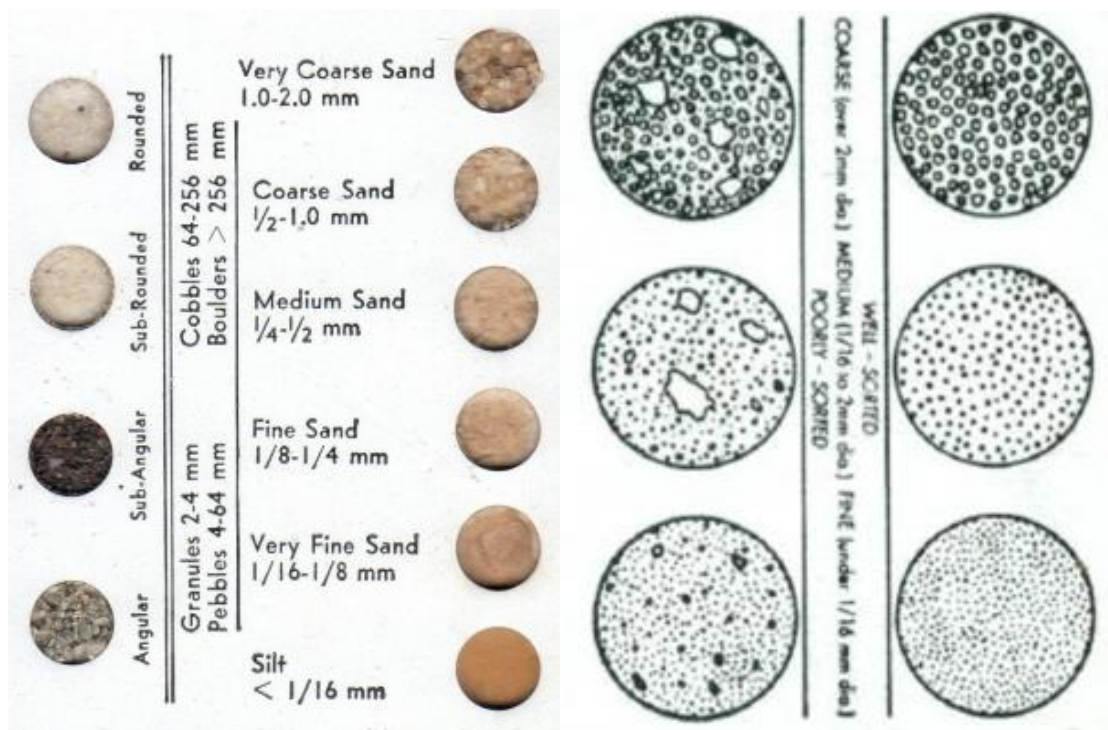


Figura 1. Escala granulométrica de rocas siliciclásticas (Wentworth, 1922), con angularidad/redondez y selección de los granos. Tomado de Sigma Gamma Epsilon, Kent State University.

Depositional texture recognisable						Depositional texture not recognisable			
Original components not bound together during deposition				Original components organically bound during deposition					
Contains mud (clay and fine silt-size carbonate)		Lacks mud and is grain-supported		> 10% grains > 2mm		Boundstone (may be divided into three types below)			
Mud-supported		Grain-supported		Matrix-supported	Supported by > 2mm component				
Less than 10% grains	More than 10% grains					By organisms which act as baffles	By organisms which encrust and bind	By organisms which build a rigid framework	
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone	

Figura 2. Clasificación de rocas carbonatadas según Dunham (1962). Tomado de Nichols (2009)

- Análisis de muestras microscópicamente: Posterior al análisis de las muestras a escala macro en los laboratorios, se realizaron 10 secciones delgadas, con el fin de clasificarlas composicionalmente. En el análisis de las secciones delgadas, se usaron microscopios petrográficos y para la clasificación composicional a esta escala, se contaron 300 puntos que abarcaran toda la placa, ajustando luego a porcentajes minerales o componentes significativos como cuarzo, feldespato, líticos, bioclastos, matriz. Se utilizaron los diagramas de Folk (1974) si eran rocas silisiclásticas y, Folk (1959, 1962) para las rocas químicas.

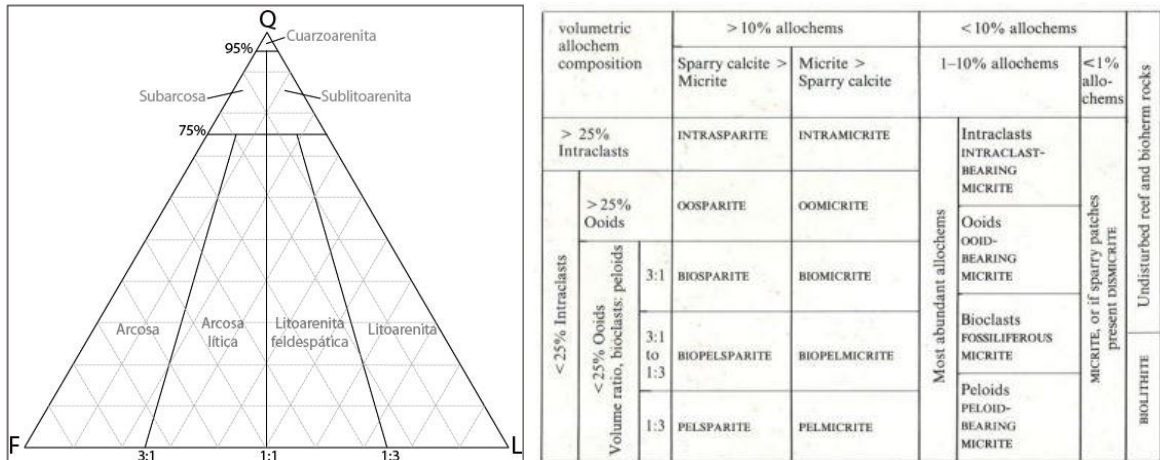


Figura 3. Clasificación de areniscas según Folk (1974) b. Clasificación de calizas según Folk (1959, 1962). Tomado de Adams et al. (1984)

Abreviaciones de minerales		
Blc: Bioclasto	Czo plc: Cuarzo policristalino	Mcln: Microclina
Bvl: Bivalvo	Frmf: Foraminifero	Mct: Micrita
Calc: Calcita	Fto: Feldespato	Mtz: Matriz
Cl: Clorita	Fto alt: Feldespato alterado	Mv: Moscovita
Cmt: Cemento	Glc: Glauconita	Opc: Opacos
Cmt clc: Cemento calcáreo	Intracls: Intraclasto	Oxd: Óxidos
Cmt fe: Cemento ferruginoso	Ld: Lodo	Pgcl: Plagioclasas
Cmt Si: Cemento Silíceo	Ltc: Lítico	
Czo: Cuarzo	Ltc arc: Lítico arcilloso	

Figura 4. Abreviaciones de minerales usadas en el análisis petrográfico

1.3.4 Construcción de la columna estratigráfica

La columna o sección estratigráfica, herramienta principal de este trabajo, fue elaborada en el software Strater 4.0., a escala 1:150. En ella se refleja:

- Espesor individual y acumulado de los estratos
- Litología (tamaño de grano)
- Estructuras sedimentarias, material fosilífero o minerales significativos por medio de simbologías
- Datos estructurales de los estratos
- Composición en porcentajes
- Color según Munsell
- Muestra tomada

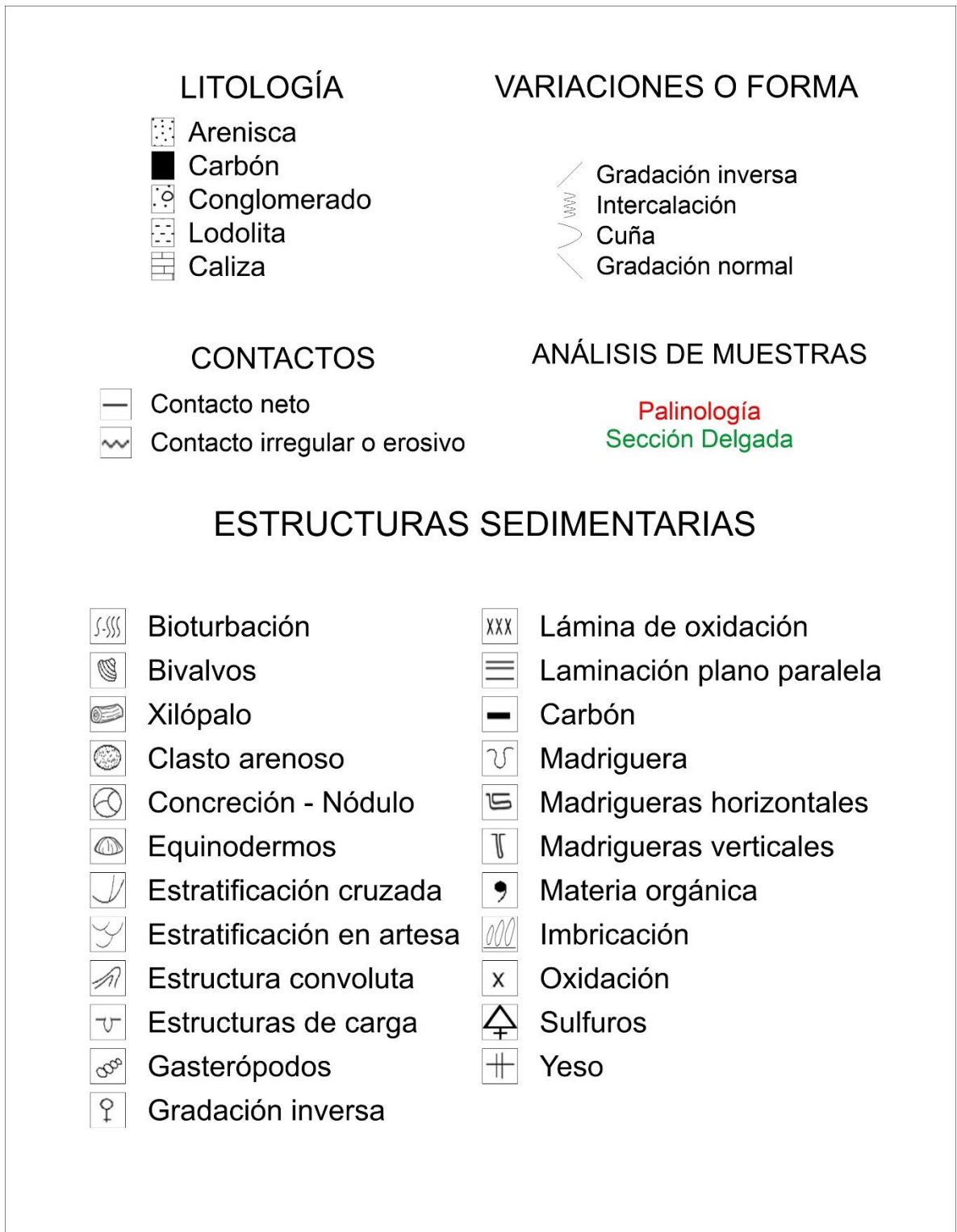


Figura 5. Simbología utilizada en la columna estratigráfica

1.3.5 Interpretación de la información y determinación del ambiente de acumulación

Con base en la información de la columna estratigráfica (litología, estructuras sedimentarias, color, contenido fósil), se realiza la determinación y análisis de las facies, para luego ser asociadas a ambientes deposicionales. En el análisis de facies, se explican los posibles procesos que dieron lugar a las características encontradas en los estratos, y así relacionarlas con ambientes que las presenten.

1.4 LOCALIZACIÓN

La sección estratigráfica analizada y en la que aflora la formación El Floral – Ciénaga de Oro, se encuentra ubicada en el noroeste de Colombia, en el departamento de Córdoba, entre los municipios de Montería y Planeta Rica (Figura 6).

1.4.1 VIAS DE ACCESO

La principal vía de acceso para llegar al lugar de estudio es la Ruta Nacional 23 de Colombia (vía tipo 1), en su tramo entre los municipios de Montería y Planeta Rica. La sección estratigráfica se encuentra aproximadamente en el kilómetro 23, partiendo desde la capital del departamento de Córdoba, cerca al corregimiento Carolina. Localmente, es conocida por ser el reemplazo a “La Curva del Diablo” y es fácilmente visible ya que aflora de manera continua a ambos lados de la carretera.

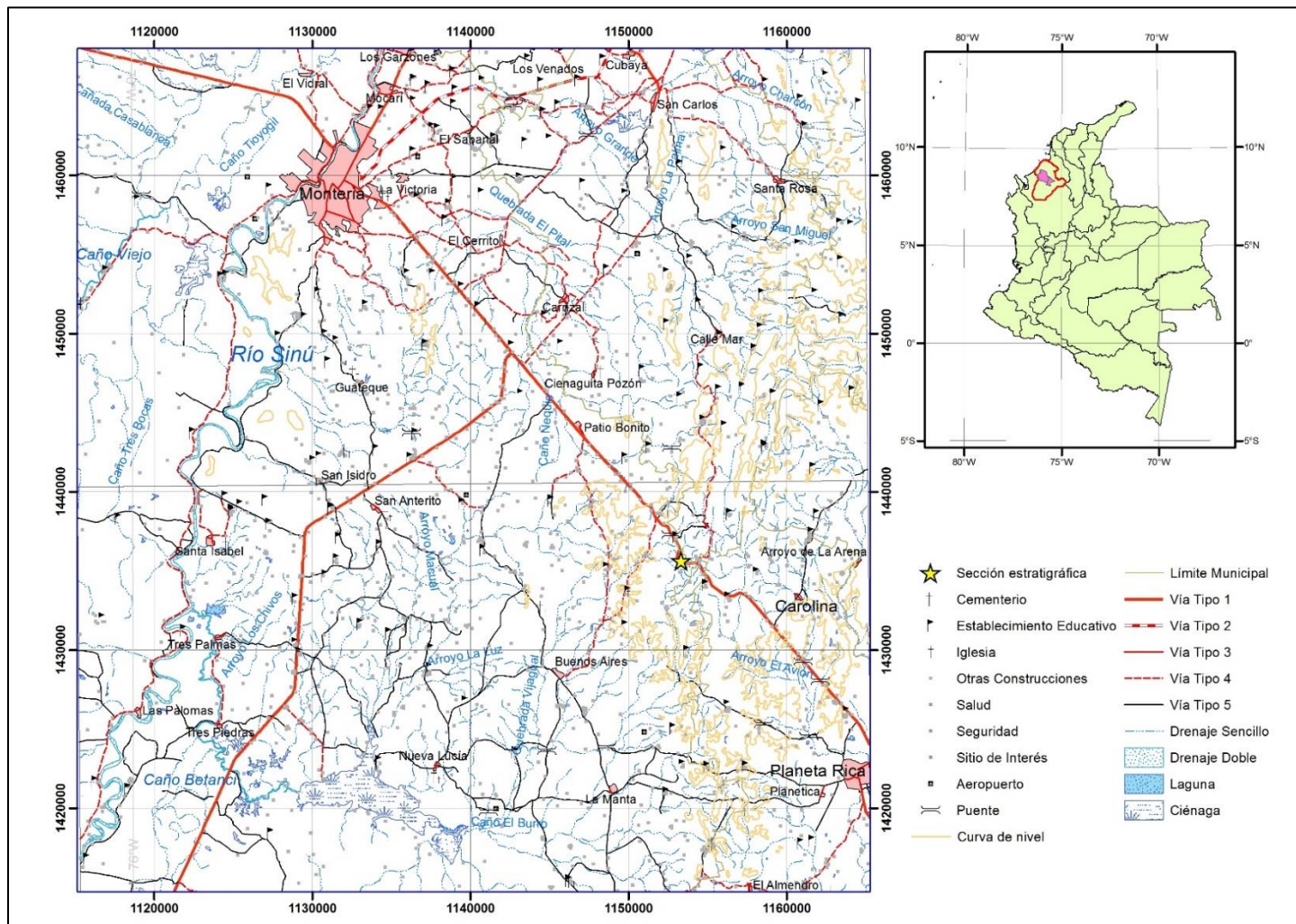


Figura 6. Localización de la sección estratégica

2 MARCO GEOLÓGICO

Las rocas sedimentarias del Terciario que afloran en la zona de estudio hacen parte de la cuenca Sinú – San Jacinto que limita al este con el sistema de fallas de Romeral y al oeste con el sistema de fallas Uramita (Barrero et al., 2007) (Figura 7). El desarrollo estructural de esta cuenca incluye el Cinturón Plegado de San Jacinto (CPSJ) relacionado a la deformación transpresional generada por el desplazamiento de la placa Caribe, generando una serie de fallas inversas de escama gruesa, con vergencia al oeste, y movimiento de rumbo dextral, sobre las que se desarrollan pliegues estrechos y alargados (localmente dispuestos en forma oblicua a las fallas) que involucran una secuencia sedimentaria depositada desde finales del Cretácico (Guzmán et al., 2009).

Durante el Cretácico superior se presentaban ambientes geológicos muy diferentes, divididos por el “Surco de Romeral”, que se cree tenía una pendiente pronunciada hacia el occidente (Duque - Caro, 1980). Al este de la sutura de Romeral, se presentaba una zona emergida, probablemente la continuación al norte de la Cordillera Central, constituida por rocas volcánico sedimentarias con metamorfismo regional de bajo grado y plutonitas de carácter ácido a intermedio; y al oeste, un basamento de rocas de afinidad oceánica constituida por basaltos y serpentinitas generadas aparentemente en un centro de expansión oceánica y de edad cretácica tardía (GEOTEC, 2003). Sobre estas rocas básicas se depositaron sedimentos finos del Maastrichtiano – Coniaciano de la denominada Formación Cansona, que afloran en algunos sectores del Cinturón de San Jacinto.

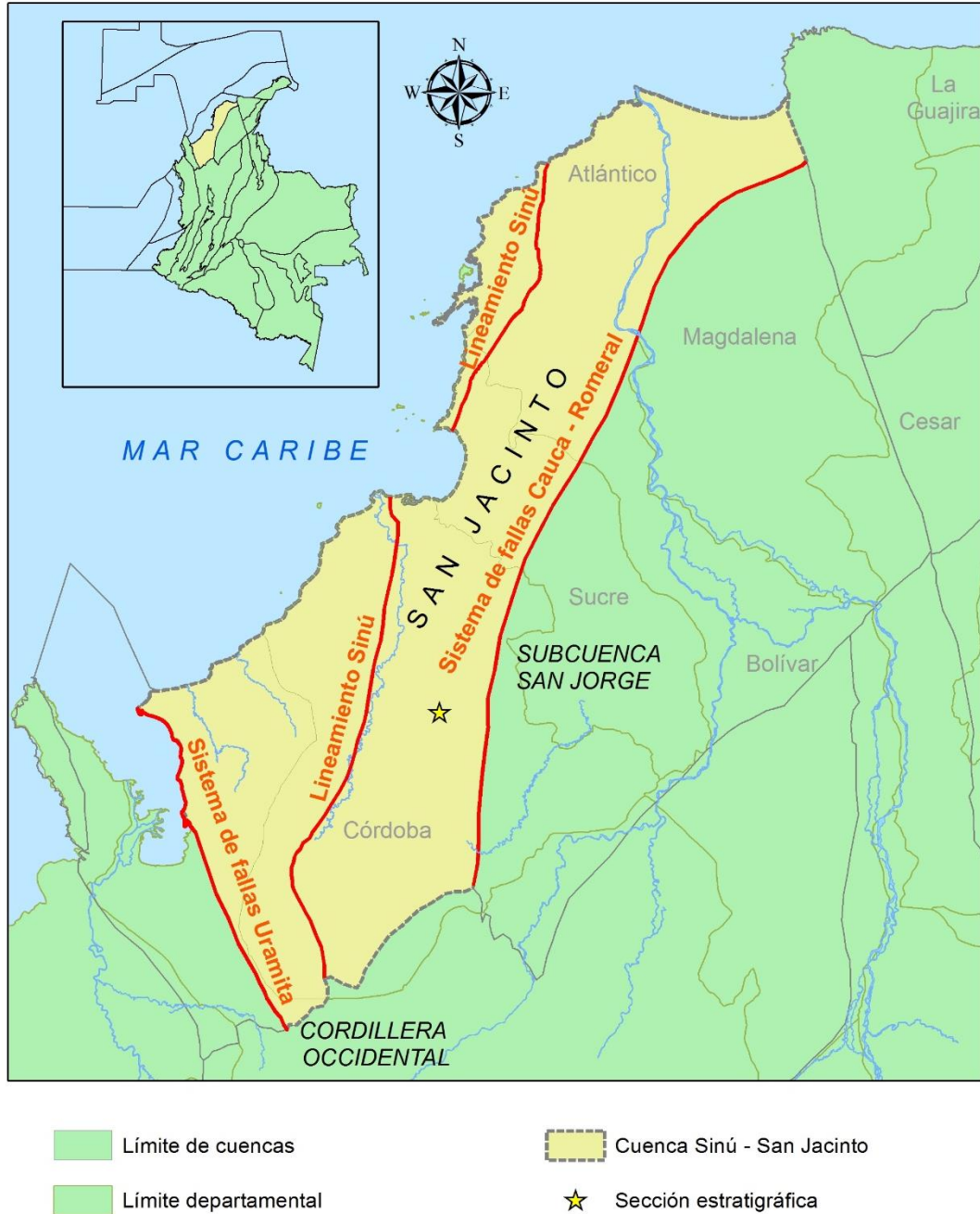


Figura 7. Cuenca Sinú – San Jacinto

El intervalo comprendido entre el Paleoceno y el Eoceno medio, se caracteriza por la presencia de esfuerzos compresionales por la convergencia entre la placa Caribe y el margen noroeste de la placa Suramérica (Kellogg et al., 2005) produciendo el

plegamiento, creación de fallas inversas de alto ángulo en las rocas ya depositadas (Caro & Spratt, 2003) y el emplazamiento del complejo ofiolítico que en la actualidad aflora al suroccidente de Planeta Rica (Dueñas, 1986).

Los esfuerzos compresionales por interacción de las cortezas oceánica y continental, ocasionan una profundización de la cuenca oceánica y la fuerte pendiente favorece la acumulación de la Formación San Cayetano (Dueñas & Caro, 1981). En el límite oriental del CPSJ, procesos erosivos denudaban el basamento, e incluso parte de las rocas de la previamente acumulada Formación Cansona. Sobre estos sistemas deltaicos se establecieron ambientes de acumulación someros, incluso transicionales, y posiblemente hacia el Este, continentales; mientras que hacia el Oeste (borde occidental del CPSJ y el Cinturón Plegado del Sinú) se profundizaban sobre la plataforma (Guzmán et al., 2009).

Para este tiempo, el lineamiento Sinú empezó a separar la plataforma abismal del área de San Jacinto y la zona de subducción migró hacia el oeste del margen continental (Caro & Spratt, 2003).

Durante el Eoceno tardío y el Mioceno temprano, se presenta un periodo de estabilidad que permitió la acumulación de la Formación Ciénaga de Oro, tanto en el área de San Jacinto como en la Cuenca del San Jorge (Dueñas & Caro, 1981). Durante el depósito de esta unidad, el “Surco de Romeral” ya no representa un límite entre los dos ambientes geológicos, convirtiéndose en un fenómeno geológico “fossilizado” por los sedimentos, por lo cual, Duque - Caro (1980) lo llama el “Paleo Surco Romeral”.

Durante la mayor parte del Mioceno, el nivel relativo del mar se mantiene elevado, permitiendo la acumulación de facies predominantemente lodosas de la Formación El Floral en el Cinturón Plegado del Sinú y, en el Valle Inferior del Magdalena, de la Formación Porquero (Guzmán et al., 2009)

Un descenso relativo del nivel del mar se plantea para finales del Mioceno, permitiendo la progradación, en el CPSJ, de facies arenosas de ambientes litorales, representadas por la Formación El Cerrito (Guzmán et al., 2009)

El Mioceno tardío y el Plioceno fueron momentos de inestabilidad por movimientos orogénicos que corresponden a la Orogenia Andina. Los esfuerzos compresionales levantan, pliegan y fallan los sedimentos depositados en el Cinturón de San Jacinto. Durante este periodo de inestabilidad, se produce el depósito de las facies turbidíticas de la Formación Cerrito (Dueñas & Caro, 1981).

Posterior a la Orogenia Andina, se produce el depósito de sedimentos continentales de la Formación Sincelejo, en la parte de la cuenca San Jorge, alcanzando su máximo de espesor hacia la parte oriental. Las condiciones tectónicas y climáticas del Holoceno dieron forma final a la cuenca permitiendo el depósito de aluviones y la formación de terrazas (Dueñas & Caro, 1981)

3 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA

Sobre el kilómetro 23 de la carretera que comunica los municipios de Montería con el municipio de Planeta Rica, se realizó el levantamiento de la columna estratigráfica, y se hizo desde la base al techo de la Formación, es decir de Noroeste a Sureste. Durante la descripción de la columna estratigráfica, los datos estructurales indicaran “*dip/dip direction*” (buzamiento/dirección de buzamiento).

Según bioestratigrafía y el análisis de palinología realizado en el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), sobre las muestras 2F, 3LL, 4OO, 4PP, 4SS, 4VV y 4WW, la sección se depositó entre el intervalo Oligoceno – Mioceno (De La Parra, comunicación personal).

3.1 DESCRIPCIÓN

El contacto base es desconocido. Los primeros **3,28m** corresponden a la base de la sección estratigráfica, compuesto por una cuarzoarenita con gradación inversa, (Figura 8a) cuyos granos van gradando de base a techo de fino-guijarro. Los guijarros son fragmentos de roca y cuarzo, subangulares a angulares con aparente imbricación. Dentro del estrato, se observan lentes de lodo y la orientación de su estratificación es 27/122. Este estrato subyace en contacto neto con una lodolita de 0,15m de espesor (Figura 8b).

A los **3,43m** se presenta un estrato de subarcosa con gradación normal (Figura 8c), de espesor 1,6m, el cual suprayace en contacto neto. Los granos son subangulares y de baja esfericidad. Contiene moldes de bivalvos y minerales accesorios como moscovita, además, materia orgánica. Luego, a los **5,03m** en contacto erosivo, se encuentra un conglomerado oligomítico-matriz soportado de 1,7m de espesor. La matriz es arcillosa y el esqueleto son clastos de cuarzos con tamaños de 1-6mm, subredondeados y con esfericidad media. A lo largo del estrato se encuentran moldes de bivalvos (Figura 8d).

Desde los **6,73m** hasta **10,18m**, afloran estratos de subarcosa: entre **6,73m** y **7,83m**, con un contacto erosivo se encuentra el primer estrato, de grano grueso, con clastos subangulares a subredondeados, de esfericidad media. Presenta bioturbación, láminas de óxidos, registro fósil de bivalvos y gasterópodos de la especie *Turritella* (Figura 8e) y definiendo el contacto, concreciones de material calcáreo de 15cm de diámetro. La muestra obtenida a este estrato fue sometida a análisis de sección delgada. Los siguientes 1,15m, son de una subarcosa de grano medio, con clastos subangulares a subredondeados y con esfericidad baja. También, se destaca la presencia de moscovita como mineral accesorio y láminas de óxidos (Figura 8f). Luego, en contacto neto y con un espesor de 0,15m, se dispone un estrato de arenisca de tamaño de grano muy fino, con menor competencia al anterior (Figura 8g) y, por último, desde **9,13m** hasta **10,18m**, se tiene una capa de subarcosa, de grano fino, angulares a subangulares y de esfericidad baja; con láminas de óxido, moscovita y fragmentos de carbón (?).

En forma de cuña y sobre el estrato de subarcosa descrito anteriormente, se encuentra una lodolita (**10,18m**), con laminación paralela de materia orgánica, oxidación y trazas fósiles, como las madrigueras verticales (Figura 10a). Posterior a esta capa, a los **11,48m**, en contacto tajante, suprayace también, una lodolita dispuesta en forma tabular (Figura 10b), a diferencia de la anterior. Contiene micas, materia orgánica y lentes de carbón. A continuación, a los **11,88m**, en contacto neto aflora un manto de carbón con un espesor de 1,6m con madera fosilizada. Este estrato subyace a una lodolita encuñada y disgregada, a los **13,48m**, con presencia de materia orgánica. (Figura 10c y Figura 10d).

Sobre un contacto neto entre los **15,28m** y los **17,58m**, se disponen dos estratos de sublitoarenita: el primero se encuentra entre los **15,28m** y **17,28m** y el segundo entre los **17,28m** y **17,58m**. La primera de ellas, es una arenisca muy fina con granos angulares y de baja esfericidad. Entre los minerales presentes, hay moscovita, yeso y azufre (Figura 10c). La segunda, es una sublitoarenita, de tamaño de grano fino, angulares y de esfericidad media. Igualmente, se compone de

moscovita, glauconita, biotita y materia orgánica. Los bivalvos hacen parte del registro fósil, los cuales están dentro de nódulos. A los **17,58m**, en contacto neto, se localiza una capa de carbón de 0,25m de espesor, seguido de una lodolita friable de espesor 0,4m (Figura 10e, Figura 10f, Figura 10g).

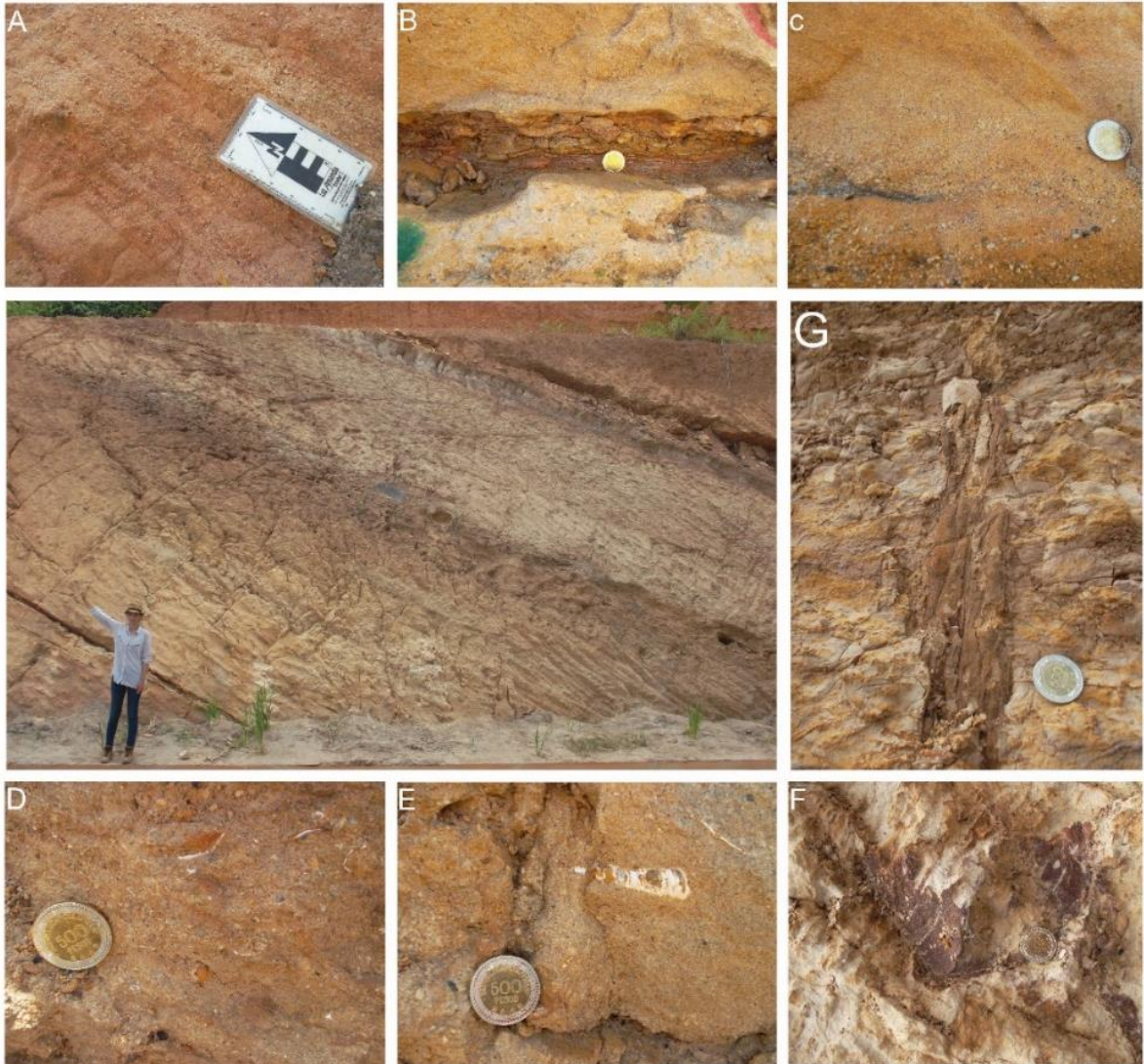


Figura 8 a. Cuarzoarenita con gradación inversa, b. Lodolita, c. Subarcosa con gradación normal, d. Conglomerado con moldes de bivalvos, e. Subarcosa con bivalvos y gasterópodos, f. Subarcosa con láminas de óxidos

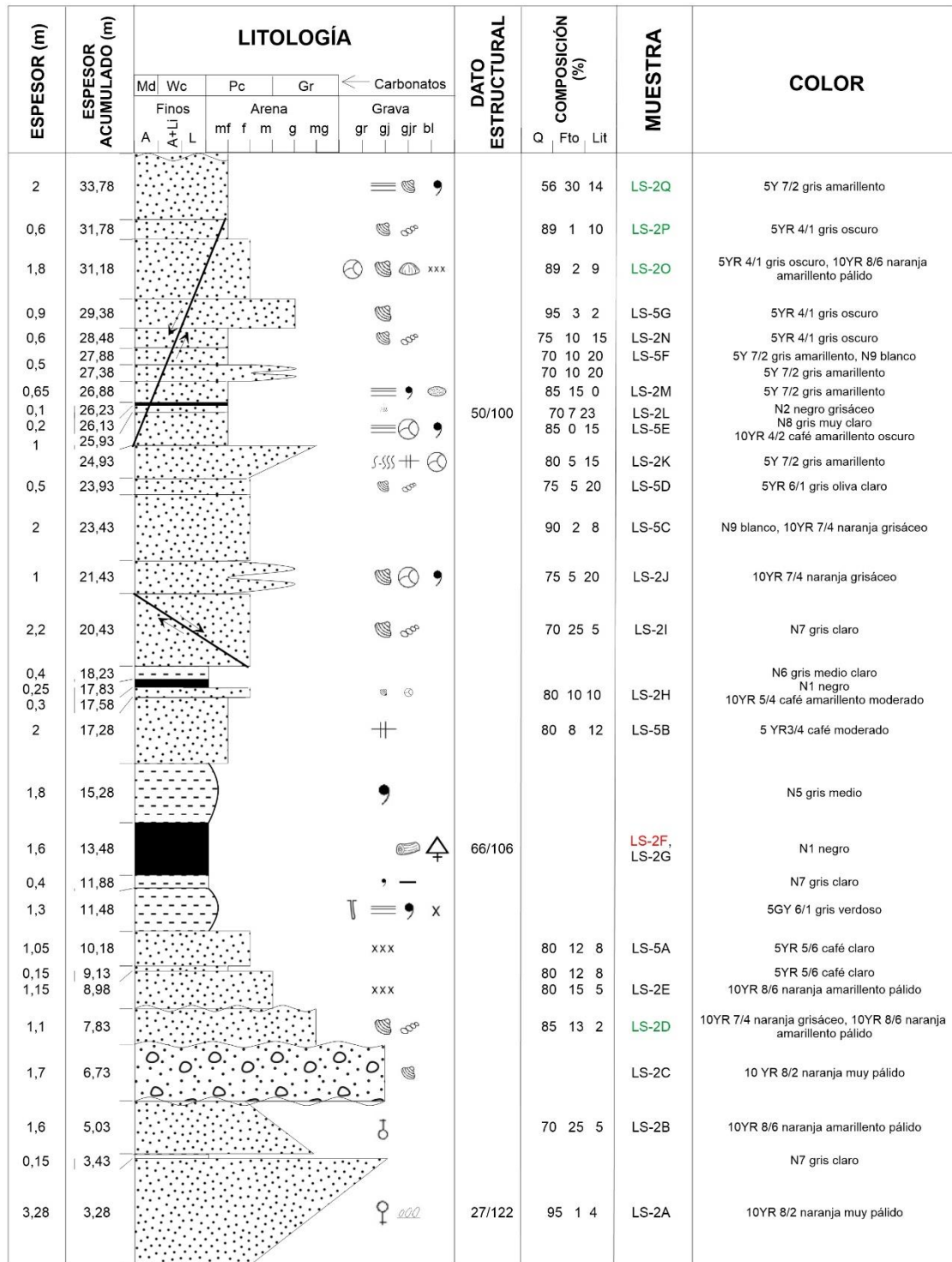


Figura 9. Sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde la base hasta los 33,78m

Afectado por una falla inversa, ocurre una capa de subarcosa fosilífera a los **18,23m**, de tamaño de grano fino, subangulares y de esfericidad baja (Figura 11a). El estrato contiene bivalvos, láminas de óxidos, minerales como moscovita y carbonatos; y hacia su base se observa un lente de carbón.



Figura 10 a. Lodolita con madrigueras verticales, b. Lodolita tabular, c. Carbón en contacto irregular con lodolita (inferior) y en contacto irregular con sublitoarenita con yeso (superior), d. Carbón con madera fosilizada, e. Sublitoarenita fina, f. Carbón de 0,25m, g. Lodolita friable.

Desde los **20,43m** y los **24,93m** se tienen estratos de sublitoarenitas, detallados así: entre los **20,43m** y **21,43m**, en contacto neto, se presenta un estrato con una intercalación de tamaños de grano finos y gruesos (Figura 11b), subangulares y esfericidad baja. Los minerales accesorios son: moscovita, biotita, calcita, materia orgánica y se resalta la presencia de óxidos. Además de ello, contiene nódulos, láminas de materia orgánica y bivalvos (Figura 11c). Luego, con un espesor de 2m y con un contacto neto, aflora una sublitoarenita de color blanco (Figura 11d), mal seleccionada con predominancia de grano fino, de granos angulares y esfericidad media. La roca tiene moscovita y materia orgánica, además, esta meteorizada. Más adelante, a los **23,43m**, se dispone en contacto tajante, otra sublitoarenita fosilífera, de tamaño fino, con granos angulares y esfericidad baja, moscovita, materia orgánica y carbonatos. Dentro del contenido fósil se distinguen bivalvos y gasterópodos (Figura 11e). Por último, entre los **23,93m** y los **24,93m**, se aprecia una sublitoarenita con gradación inversa, de granos finos a muy gruesos; estos son subangulares y de esfericidad baja a media, con presencia de moscovita, biotita y yeso. También, es notable bioturbación y nódulos (Figura 11f).

A partir de los **25,93m** y hasta los **31,78m**, se tiene un conjunto de rocas afectadas por una falla normal y dispuestas entre sí, por contactos netos. Con un espesor de 1m, se observa una sublitoarenita, de grano muy fino, angulares y de esfericidad media. El estrato presenta lentes de limo, laminación de materia orgánica, nódulos de hierro y minerales como moscovita (Figura 12a, Figura 12b). Posteriormente, con espesores de 0,2m y 0,1m, se tienen estratos de una sublitoarenita y un carbón, respectivamente. La primera es de grano muy fino, subredondeados y de esfericidad media con moscovita y materia orgánica. De igual manera, contiene formas redondas de un material más grueso (Figura 12c). El carbón cuenta con una lámina de yeso de 5mm (Figura 12d). Entre estos dos estratos, se obtuvo un dato estructural de estratificación 50/100.



Figura 11 a. Subarcosa fosilífera, b. Intercalación de sublitoarenita de grano fino a grueso, c. Bivalvos en la intercalación de sublitoarenita, d. Sublitoarenita de color blanco, e. Sublitoarenita fosilífera de bivalvos y gasterópodos, f. Sublitoarenita con nódulos.

Una capa de subarcosa muy fina, se localiza a los **26,23m**, de granos angulares y esfericidad media, con biotita, moscovita y laminación de materia orgánica. Asimismo, tiene intraclastos y oxidación (Figura 12e). De manera intercalada entre granos finos y gruesos, ocurre una sublitoarenita de 0,5m, con granos subangulares y de esfericidad media (Figura 12f). En su contenido, se distingue carbonatos, materia orgánica, moscovita y óxidos. Posteriormente, aflora un estrato de 0,5m, con características similares al anterior, pero de grano muy fino y sin intercalación. A los **27,88m**, se encuentra una sublitoarenita fosilífera muy fina, con granos subangulares a subredondeados, de esfericidad baja (Figura 13b). Los minerales vistos son: biotita, moscovita, calcita; y materia orgánica. En el registro fósil se destacan bivalvos y gasterópodos. Variando en composición, a los **28,48m**, se observa una cuarzoarenita fosilífera de tamaño guijo hasta de 2cm, angulares y de esfericidad media. Los fósiles apreciados son conchas de bivalvos (Figura 13c).



Figura 12 a. Sublitoarenita con lentes de limo, b. Laminación de materia orgánica en la sublitoarenita, c. Formas redondas de material más grueso en estrato de sublitoarenita, d. Carbón de 0,1m, e. Subarcosa con intraclastos y laminación de materia orgánica, f. Intercalación de grano fino a grueso de sublitoarenita.

Entre los **29,38m** y **31,78m**, afloran sublitoarenitas con registro fósil de tamaño fino y muy fino, respectivamente. A ambos estratos, se les realizó análisis petrográfico con el fin de apreciar mejor sus características. El primero de ellos (1,8m), tiene granos subangulares y de baja esfericidad y el segundo (0,6m) subredondeados y al igual que la otra, de esfericidad baja. Entre los minerales observados esta: biotita, calcita y moscovita; y materia orgánica, concreciones y óxidos para el primero de ellos (Figura 13d). El registro fósil, abarca: bivalvos, equinodermos (Figura 13e), para la capa de mayor espesor y bivalvos y gasterópodos para la capa de 0,6m. Seguido a lo descrito anteriormente, reposa un estrato con contacto tajante de arcosa lítica muy fina, con granos angulares y esfericidad baja, moscovita, calcita; laminación de materia orgánica y óxidos (Figura 13f). También, se distinguen bivalvos.

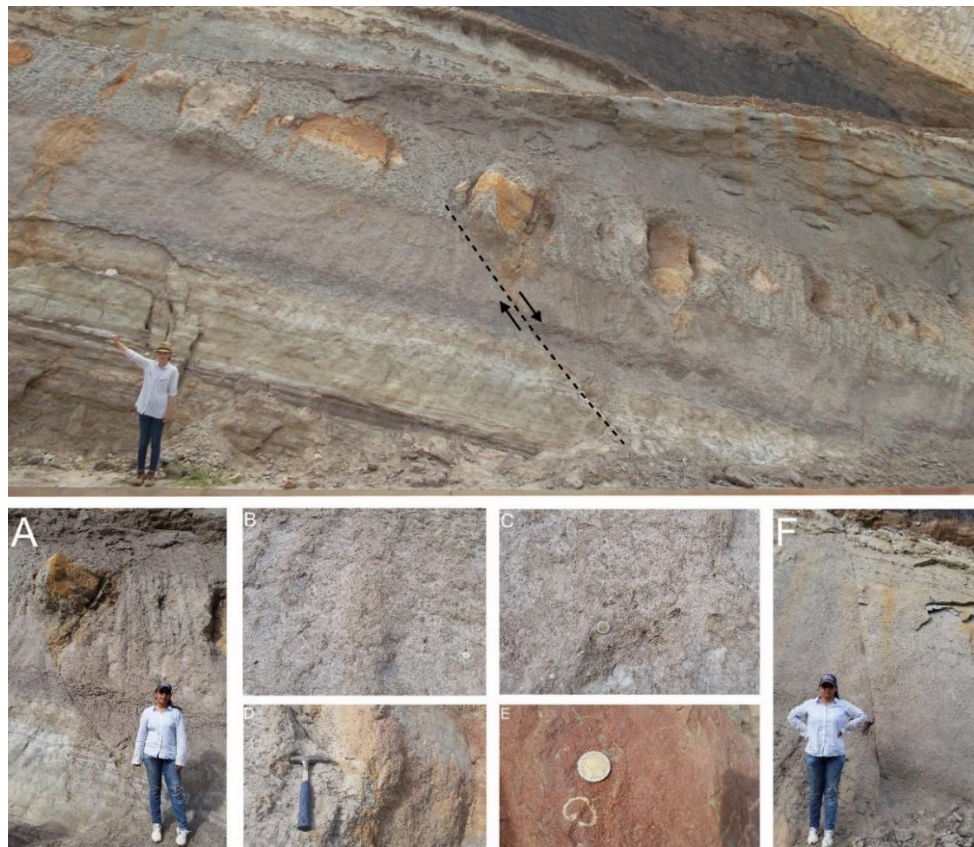


Figura 13 a. Falla normal sobre estratos b. Sublitoarenita fosilífera, c. Cuarzoarenita con guijos y conchas de bivalvos, d. Concreciones en sublitoarenitas, e. Equinodermos en concreciones, f. Arcosa lítica con óxidos

Sobre un contacto erosivo y hasta los **37,88m**, se encuentran cuatro estratos afectados por una falla normal, dispuestos así: una arcosa lítica fina de 1,5m de espesor, con granos angulares y esfericidad baja; también se resaltan minerales como la moscovita, biotita, entre otros. Igualmente, se observa una intercalación de bandas de óxidos, nódulos y materia orgánica (Figura 14a, Figura 14b). Para esta capa, se realizó análisis petrográfico. Posterior a este estrato, se distinguen dos lodolitas, ambas de 0,3m. La primera, con materia orgánica y fragmentos líticos, y la segunda con bioturbación. Entre ellas y con el estrato que suprayace, se diferencian contactos tajantes. Después de los **35,88m**, se hace notable un manto de carbón de 2m, con sulfuros y con estratificación 18/84 (Figura 14c).



Figura 14. a. Arcosa con intercalación de bandas de óxidos, b. Nódulos, c. Falla sobre estratos de lodolitas y manto de carbón

Similar al paquete descrito anteriormente, aflora un conjunto de lodolitas y areniscas, afectadas por una falla normal. Desde los **37,88m** y hasta los **40,03m**, en contacto neto tanto en la parte inferior como la superior, ocurre una lodolita bioturbada con colores grisáceos y verdosos (Figura 16). Con un espesor significativo de 3,3m, buza con 35° una intercalación de areniscas que varían composicionalmente de subarcosa a sublitoarenita; y en tamaño de grano de medio a grueso-conglomerático (Figura 17a). Los de tipo medio, son subredondeados y de esfericidad media, con moscovita, materia orgánica y una lámina de óxidos hacia la base. Hacia el techo, se muestran colores amarillentos, granos subredondeados y de esfericidad media, con materia orgánica

A los **43,33m**, con un contacto erosivo, la litología cambia composicionalmente a cuarzoarenita muy gruesa-conglomerática, de granos subangulares a subredondeados y esfericidad media (Figura 17b). Entre otras características, la roca se encuentra oxidada y contiene fósiles de bivalvos y gasterópodos. Sobre un contacto erosivo, se dispone una lodolita fosilífera de 2m con concreciones, bivalvos, gasterópodos, moscovita y materia orgánica (Figura 17c).



Figura 16. Estratos de lodolitas, carbón y areniscas afectados por fallas normales

Desde los **46,13m** hasta los **51,98m**, se reconoce un paquete de cuatro estratos de areniscas (Figura 17d). El primero de ellos, una arcosa muy fina, de un espesor 0,65m, buzamiento y dirección del mismo 40/105, tiene granos subredondeados y esfericidad baja, acompañados de moscovita, laminación de materia orgánica, óxidos, bivalvos y gasterópodos (Figura 17e). De la muestra recolectada de esta capa se elaboró una sección delgada.

Los dos siguientes estratos separados, inferior y entre sí por contactos irregulares, poseen ambos, espesores de 0,4m, láminas de óxidos y tamaño de grano fino (Figura 17f). El primero, se considera composicionalmente una arcosa, con granos angulares, de esfericidad baja; moscovita, glauconita, lentes de materia orgánica y madrigueras (Figura 17g). El segundo, es una sublitoarenita, de granos subangulares y esfericidad baja, con materia orgánica y moscovita. A diferencia del anterior, las madrigueras son verticales (Figura 17h). Particularmente, la roca presenta granos de cuarzo y fragmentos líticos hasta de 5mm. Finalmente, con 4,4m, se localiza una intercalación de sublitoarenita fina (base) a cuarzoarenita gruesa (techo). Sus granos varían de subangulares a subredondeados y de esfericidad media a baja, con minerales como moscovita, biotita y óxidos (Figura 18a, Figura 18b). Entre las estructuras sedimentarias observadas, destaca estratificación en artesa y cruzada (Figura 18c). La muestra 3YY fue utilizada para análisis petrográfico.

A los **51,98m**, se identifica una lámina de carbón de 0,05m, diferenciado por un contacto neto de una lodolita de 0,4m, color marrón (Figura 19a), con lentes de un material más fino (limo?). El dato estructural de estratificación obtenido es 45/154. A continuación, descansa sobre un contacto neto, un estrato de carbón de 0,2m suprayacido por una cuarzoarenita fina de 0,6m (Figura 19b, Figura 19c). Sus granos van de subangulares a subredondeados con esfericidad media acompañados de materia orgánica.



Figura 17 a. Intercalación de areniscas de grano medio a grueso de 3,3m, b. Cuarzoarenita de grano muy grueso – conglomerático, c. Lodolita fosilífera, d. Estratos de areniscas, e. Arcosa muy fina, f. Contacto entre arcosa y sublitoarenita, g. Arcosa con láminas de óxido, h. Sublitoarenita con madrigueras verticales

La falla normal que aflora desde los **53,23m** hasta los **61,68m**, comprende seis estratos e intercalaciones de areniscas, diferenciados entre ellos así: con un buzamiento de 50° hacia el Noreste, una intercalación de sublitoarenita media a muy gruesa-conglomerática, de granos subredondeados y de esfericidad baja (Figura 19c). Para mayor detalle, se elaboró una sección para análisis petrográfico.

Las dos siguientes capas, comparten características similares como el espesor (0,45m), composición (sublitoarenita) y el contacto entre ellas (irregular). Sin embargo, la primera se considera una intercalación de tamaño medio a muy grueso-conglomerático, con granos angulares, esfericidad baja y láminas de oxidación (Figura 20a, Figura 20b); y el otro una gradación normal de granos medio a grueso, subangulares y de esfericidad baja, con madrigueras verticales (Figura 20d).



Figura 18 a. Intercalación de cuarzoarenita y sublitoarenita, b. Sublitoarenita de grano grueso, c. Estratificación cruzada

Sobre un contacto irregular, a los **57,33m**, se produce un cambio composicional a una arcosa de grano muy grueso, subredondeados y de esfericidad media, acompañado de materia orgánica, moscovita e intercalaciones de lodolitas (Figura 20c, Figura 20e).



Figura 19 a. Lámina de carbón y lodolita color marrón, b. Carbón de 0,2m c. Cuarzoarenita fina, d. Intercalación de sublitoarenita media a muy gruesa-conglomerática

Luego, en contacto irregular, aparece una subarcosa (0,55m) también muy gruesa de granos redondeados y esfericidad media, con laminaciones de materia orgánica, oxidación y moscovita como mineral accesorio (Figura 20f). El último de los estratos afectados por la falla, es separado por un contacto neto, y es interpretado como una intercalación de 2,8m, de sublitoarenitas, tamaño medio a muy grueso-conglomerático. Sus granos van de subangulares a subredondeados y de esfericidad media (Figura 21a).

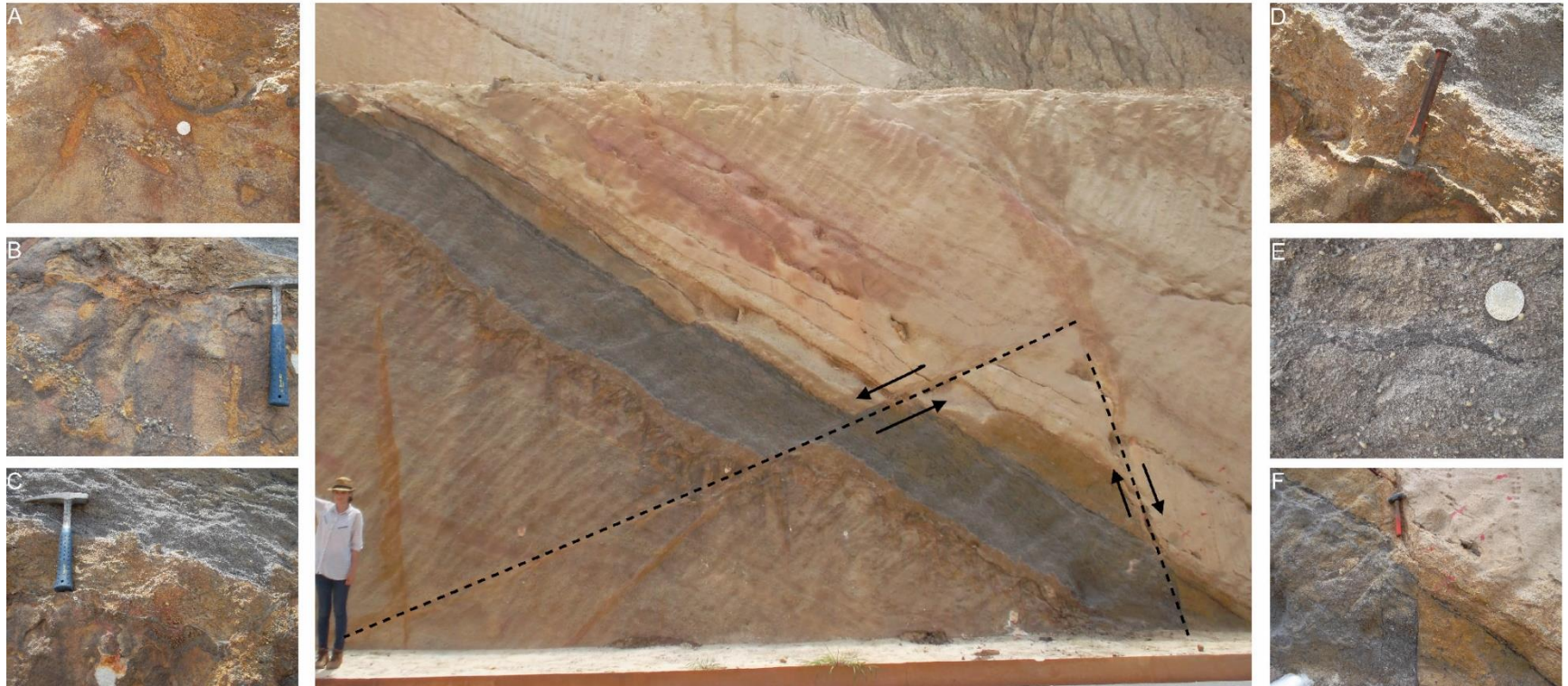


Figura 20 a. Sublitoarenita con madrigueras verticales y láminas de óxidos, b. Intercalación de tamaño medio a muy grueso-conglomerático, c. Contacto entre sublitoarenitas y arcosa, d. Sublitoarenita con madrigueras verticales, e. Arcosa con materia organica, f. Falla afectando subarcosa con laminaciones de materia orgánica

La presencia de un contacto irregular, la no afectación por la falla normal y las tonalidades grisáceas, permite la diferenciación de la anterior intercalación descrita a la localizada a los **61,68m** (Figura 21b).



Figura 21 a. Intercalación de sublitoarenita, tamaño medio a muy grueso-conglomerático, b. Intercalación en tonalidades grisáceas.

Con un alto porcentaje de micas y un espesor de 0,49m, se sitúa una sublitoarenita de grano medio, subangulares y esfericidad media (Figura 23a), seguida de una lodolita de color gris, friable a los **64,87m** (Figura 23b), suprayacido por un estrato de carbón (0,2m), con datos de estratificación 54/145 (Figura 23c).

Desde los **66,27m** hasta los **67,97m**, aflora una subarcosa de grano fino (Figura 23d), subangulares y de esfericidad baja a media, con un alto contenido de micas. Encima de un contacto irregular, aparece una lodolita gris friable de 0,4m (Figura 23e), separada de una sublitoarenita fina, con granos subangulares y esfericidad media (Figura 23f), por un contacto del mismo tipo.

ESPESOR (m)	ESPESOR ACUMULADO (m)	LITOLOGÍA										DATO ESTRUCTURAL	COMPOSICIÓN (%)			MUESTRA	COLOR			
		Md		Wc		Pc		Gr		Carbonatos			Q	Fto	Lit					
		A	A+L	L	mf	f	m	g	mg	gr	gj							gjr	bl	
0,9	97,84													89	7	4	LS-3JJ	10YR 8/2 naranja muy pálido		
1	96,94													28	152		LS-3HH	10YR 8/2 naranja muy pálido, N2 negro grisáceo		
0,54	95,94																	N7 gris claro, N2 negro grisáceo		
1,8	95,4													23	114	70	20	5	LS-3II	10YR 8/2 naranja muy pálido
0,15	93,6													22	74					N1 negro
1	93,45																			N7 gris claro, N2 negro grisáceo
0,4	92,45																			N2 negro grisáceo
2,85	92,05																			N7 gris claro, N2 negro grisáceo
0,95	89,2																			N1 negro
1,8	88,25																			5Y 8/4 amarillo grisáceo, N1 negro
0,35	86,45																			N1 negro
0,35	86,1													30	105					5Y 8/4 amarillo grisáceo, N1 negro
0,18	85,75																			N1 negro
0,7	85,57													40	111					5Y 8/4 amarillo grisáceo, N1 negro
0,25	84,87																			N1 negro
7,2	84,62																			N8 gris muy claro, N2 negro grisáceo
0,35	77,42													42	140					N1 negro
1	77,07																			N7 gris claro, N1 negro
2	76,07													40	60	0			LS-3GG	5Y 8/1 gris amarillento
0,45	74,07																			N8 gris muy claro
0,2	73,62																			N2 negro grisáceo
0,8	73,42													0	55	5	40		LS-3FF	N4 gris medio oscuro, 5Y 8/1 gris amarillento
2,1	72,62																			N1 negro, 5YR 5/6 café claro
1,8	70,52																			N8 gris muy claro, 5YR 5/6 café claro
0,35	68,72													90	3	7			LS-5M	N8 gris muy claro
0,4	68,37																			N8 gris muy claro
1,7	67,97													93	6	1			LS-5L	N7 gris claro, 5R 5/4 rojo moderado

Figura 22. Sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 66,97m hasta los 97,54m

A partir de los **68,72m**, y hasta los **93,6m**, se observa una serie de repeticiones de lodolitas sueltas y estratos de carbón, a excepción de dos estratos, uno a los **72,62m** de una litoarenita feldespática fina, y otro de 2m, de arcosa de tamaño muy fino, a los **74,07m**; el primero, se encuentra afectado por una falla inversa. Inicialmente está un estrato de lodolita gris, de 1,8m (Figura 23g, Figura 23h), seguido de un manto de carbón de 2,1m (Figura 23h). Luego, se encuentra la litoarenita feldespática fina con granos subangulares y esfericidad baja, acompañada de laminación de materia orgánica (Figura 24a).

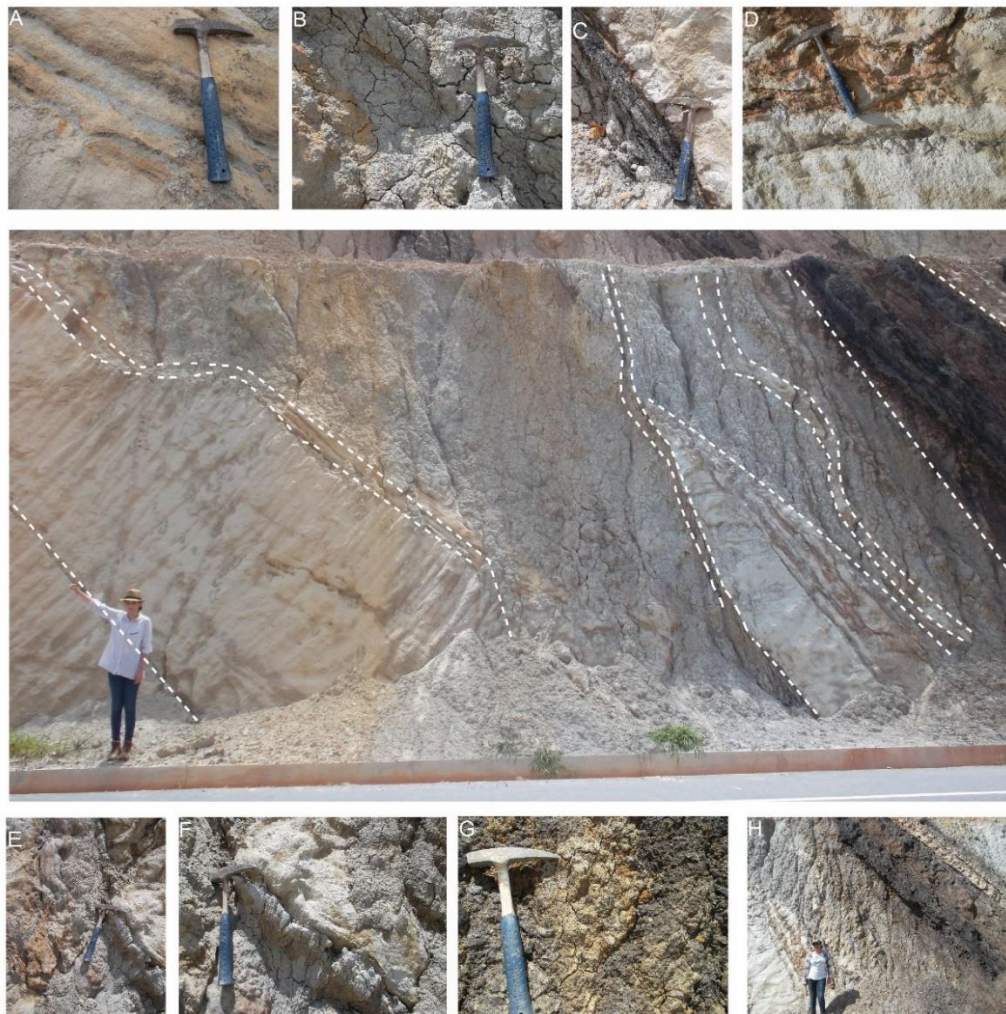


Figura 23 a. Sublitoarenita de grano medio, b. Lodolita gris friable, c. Carbón de 0,2m, d. Subarcosa fina, e. Lodolita friable, f. Sublitoarenita fina, g. Lodolita, h. Estratos de lodolita y carbón.

A continuación, con un espesor de 0,2m, se distingue un carbón, seguido de una lodolita gris friable. Como ya había sido mencionado, a los **74,07m**, aflora una subarcosa de tamaño muy fino con granos angulares y de esfericidad baja (Figura 24b), moscovita, clorita y materia orgánica. Sobre un contacto neto a los **76,07m**, se aprecia una lodolita gris, friable (Figura 24c), suprayacida por un carbón de 0,35m (Figura 24d), y con datos de estratificación 42/140.

A lo largo de la sección y sobre un contacto irregular, se destaca una lodolita gris, friable de 7,2m, sin particularidad alguna (Figura 25a, Figura 25b). Por encima de ella, se tiene un carbón de 0,25m, buzando 40° hacia el Sureste, seguido de una lodolita friable de 0,7m (Figura 25c). Se repite este patrón, con un carbón de 0,18m y una lodolita de 0,35m. Entre ellos, se obtuvo un dato de estratificación de 30/105. Vuelve aflorar un carbón de 0,35m, y por encima a este, un estrato de 1,8m de lodolita gris, friable.



Figura 24 a. Litoarenita feldespática afectado por falla inversa, b. Subarcosa fino, c. Lodolita gris friable, d. Carbón de 0,35m

A los **88,25m**, se encuentra un carbón con sulfuros de 0,95m (Figura 25), suprayacido por una lodolita de 2,85m. De manera similar, ocurre un carbón con sulfuros de 0,4m, en contacto neto con una lodolita gris friable, con óxidos y micas de 1m de espesor. Finalmente, con un espesor de 0,15m, y estratificación 22/74, se observa un carbón acompañado de yeso (Figura 26a).



Figura 25 a. Lodolita gris friable de 7,2 m, b. Fragmentos de carbón sobre lodolita, c. Contacto entre carbón y lodolitas. Los puntos azul, rojo, amarillo y verde corresponden a los estratos de lodolita de 0,35m, carbón de 0,35m, 1,8m de lodolita y un carbón con sulfuros de 0,95m, respectivamente

Variando el patrón anterior de lodolitas y carbones, se sitúa en un contacto neto, a los **93,6m**, una subarcosa de grano medio, con laminación paralela de lodo (?) y estratificación 23/114 (Figura 26b). Presenta granos subangulares, de esfericidad media con moscovita, clorita y materia orgánica. Sobre un contacto neto y de espesor 0,54m, una lodolita gris, friable (Figura 26c) es suprayacida por una cuarzoarenita muy fina de 1m, con laminación paralela de materia orgánica (Figura 27a). Sus granos son subredondeados y de esfericidad media. Este estrato posee una estratificación 28/152. Posterior, con un espesor de 0,9m, hay una capa de subarcosa de grano fino, con granos subangulares y esfericidad baja; moscovita y materia orgánica (Figura 27b).



Figura 26 a. Carbón, b. Subarcosa con laminación paralela de lodo, c. Lodolita gris friable.

Sobre un contacto neto, a los **97,84m**, aparece una arcosa fina, de granos subangulares y esfericidad media, acompañados de moscovita, materia orgánica y láminas de óxidos (Figura 27c). El estrato buza 27° hacia el Sureste. Esta subarcosa es suprayacida por un estrato de lodolita friable de 1,15m, y un carbón de 0,2m, ambos separados por contactos netos (Figura 29a, Figura 29b).



Figura 27 a. Cuarzoarenita con laminación paralela de materia orgánica, b. Subarcosa de grano fino suprayacida por cuarzoarenita, c. Arcosa fina

ESPESOR (m)	ESPESOR ACUMULADO (m)	LITOLOGÍA										DATO ESTRUCTURAL	COMPOSICIÓN (%)			MUESTRA	COLOR			
		Md			Wc			Pc			Gr			← Carbonatos	Q			Fto	Lit	
		A	A+L	L	mf	f	m	g	mg	gr	gj		gjr							bl
4	129,44												75	15	10	LS-4YY	10YR 8/6 naranja amarillento pálido			
1	125,44																N7 gris claro			
0,15	124,44																N2 negro grisáceo			
0,25	124,29																N4 gris medio oscuro, N6 gris medio claro			
0,15	124,04																N2 negro grisáceo			
0,9	123,89											xxx	90	7	3	LS-5O	N4 gris medio oscuro			
0,3	122,99																10YR 8/6 naranja amarillento pálido, 10YR 7/4 naranja grisáceo			
4,3	122,69											xxx	80	20	0	LS-4XX	10YR 8/6 naranja amarillento pálido, 10YR 7/4 naranja grisáceo			
1,5	118,39																N7 gris claro, N2 negro grisáceo			
0,25	116,89																N2 negro grisáceo			
0,95	116,64																N7 gris claro			
0,7	115,69											27/112				LS-4WW	N6 gris medio claro, N2 negro grisáceo			
0,6	114,99															LS-4VV	N2 negro grisáceo			
1	114,39												95	4	1	LS-4UU	10YR 8/6 naranja amarillento pálido, N2 negro grisáceo			
0,25	113,39											20/92					N2 negro grisáceo			
0,95	113,14																N4 gris medio oscuro			
1	112,19												90	4	6	LS-5N	10YR 8/6 naranja amarillento pálido, N2 negro grisáceo			
0,15	111,19											16/101	85	8	7	LS-4TT	N2 negro grisáceo			
0,2	111,04												93	6	1	LS-4SS	10YR 8/6 naranja amarillento pálido			
0,6	110,84												80	20	0	LS-4RR	N6 gris medio claro			
1,2	110,24																5Y 7/2 gris amarillento, 10YR 8/2 naranja muy pálido			
0,45	109,04											14/71				LS-4QQ	10YR 6/6 naranja amarillento oscuro			
1,2	108,59												86	4	10	LS-4PP	N4 gris medio oscuro			
3,4	107,39															LS-4OO	5YR 6/1 gris café pálido, 10R 4/6 café rojizo moderado			
0,8	103,99												70	10	20	LS-3NN	5YR 6/1 gris café pálido			
0,8	103,19												70	10	20	LS-3MM	5YR 6/1 gris café pálido			
0,7	102,39												65	25	10	LS-3LL	10YR 4/2 café amarillento oscuro			
0,2	101,69																N1 negro			
1,15	101,49																N2 negro grisáceo			
2,5	100,34											27/127	40	55	5	LS-3KK	10YR 8/2 naranja muy pálido			

Figura 28. Sección estratigráfica de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 97,54m hasta los 129,44m

Con presencia de bivalvos, materia orgánica, se encuentra a los **101,69m**, una subarcosa muy fina bioturbada, de granos subangulares y esfericidad baja (Figura 29c). Se diferencian minerales accesorios como moscovita. y formas redondas de un material (materia orgánica?). Es posible su diferenciación del estrato superior por un contacto irregular. La muestra tomada fue utilizada para datos de análisis palinológicos en otros estudios, externos a este. Entre los **102,39m**, y los **103,99m**, ocurren dos estratos de sublitoarenita fina, ambos de 0,8m de espesor, con granos subangulares y de esfericidad media; madrigueras verticales y horizontales. El primero se caracteriza por la presencia de bivalvos, gasterópodos y laminaciones de materia orgánica, mientras que el segundo tiene yeso y láminas de oxidación (Figura 29d).



Figura 29. a. Lodolita friable, b. Estratos de lodolita y carbón, c. Materia orgánica en la subarcosa, d. Sublitoarenita con madrigueras

Seguido, reposa una lodolita fosilífera sobre un contacto neto, con un espesor de 3,4m. Presenta laminación de materia orgánica, madrigueras verticales, nódulos de hierro y de su contenido fósil se distinguen bivalvos y gasterópodos (Figura 30a, Figura 30b). Un contacto irregular, separa la lodolita descrita anteriormente de una sublitoarenita muy fina, de granos redondeados y de esfericidad media, acompañada también de laminaciones de materia orgánica, bivalvos, gasterópodos; madrigueras horizontales y sulfuros (Figura 30c). La presencia de materia orgánica en la roca, las muestras de estos estratos fueron utilizados para estudios de palinología.

La aparición de una roca sedimentaria química se da a los **108,59m**, y consiste en una caliza wackestone con materia orgánica y contenido fósil de bivalvos y gasterópodos (Figura 30d, Figura 30e). La estratificación de esta capa es 14/71 y de la muestra recolectada, se elaboró una sección delgada.

Volviendo a las rocas sedimentarias detríticas, se localiza una subarcosa muy fina (1,2m), con granos subangulares y de esfericidad media. También presenta madrigueras verticales, materia orgánica, óxidos y sulfuros (Figura 31a). El contacto entre la caliza y esta arenisca es de tipo irregular.

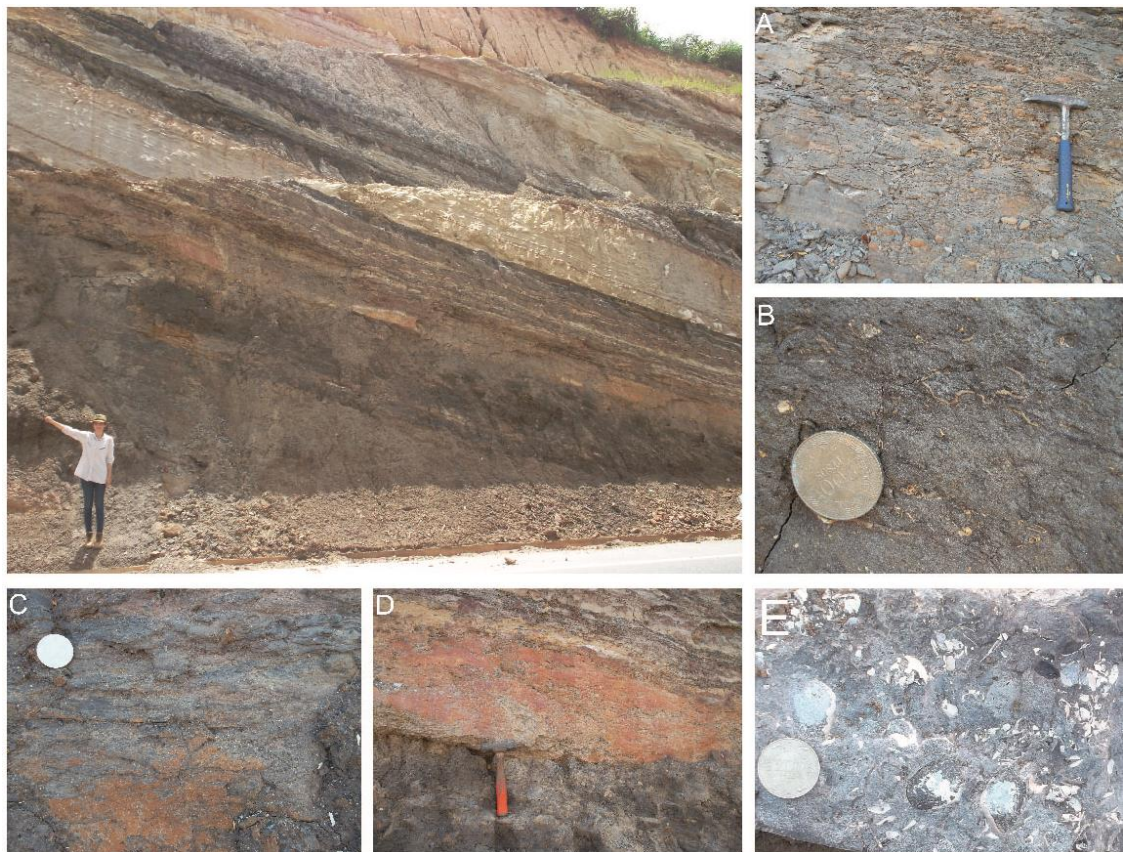


Figura 30 a. Lodolita fosilífera con nódulos, b. Bivalvos, c. Sublitoarenita con materia orgánica, d. Caliza wackestone, e. Wackestone con Bivalvos y gasterópodos

Un grupo de tres areniscas, aflora desde los **110,24m**, la última de ellas separadas de las anteriores por un carbón de 0,15m. La primera, una subarcosa de 0,6m y tamaño de grano fino, subangulares, con esfericidad media, está intercalada con

lodolitas (Figura 31b), además, presenta materia orgánica y por ello fue usada en análisis de palinología. La siguiente, igualmente una subarcosa tiene tamaño de grano medio (0,2m), subangulares y de esfericidad media (Figura 31c). Un dato de estratificación entre la primera y segunda subarcosa fue tomado (16/111). La última clasificada composicionalmente como una sublitoarenita (1m), suprayace el carbón mencionado previamente. Posee estratificación plano-paralela y cruzada de materia orgánica, granos de tamaño medio, subangulares y de esfericidad baja (Figura 31d).

La lodolita friable de 0,95m de espesor (Figura 31e), se encuentra sobre un contacto irregular, con respecto al estrato anterior. Por encima de ella se dispone una capa de carbón, en contacto neto de 0,25m de espesor y estratificación 20/92 (Figura 31f). Acompañada de estructuras sedimentarias de carga, convoluta y laminación paralela de materia orgánica, se reconoce sobre un contacto irregular una cuarzoarenita muy fina (1m), con granos angulares y esfericidad baja (Figura 31g). A la muestra tomada en campo, se le realizó análisis petrográfico.

Entre los **114,39m** y los **115,69m**, se destacan dos estratos de carbón de 0,6m y 0,7m. La estratificación 27/112, fue tomada sobre un contacto neto entre ellos y fueron consideradas diferentes capas, por la forma y facilidad con la que se fragmentaban (Figura 31h, Figura 31i). Las dos muestras fueron usadas en análisis palinológicos. El contacto irregular observado a los **115,69m**, es seguido de una lodolita friable de 0,95m (Figura 31h), suprayacida por un carbón de 0,25m, bajo un contacto erosivo. De la misma forma, un contacto erosivo marca la entrada de una lodolita friable de 1,5m, que se encuña en la parte superior (Figura 32a).

La sección continua con una subarcosa de 4,3m, separada de los estratos superiores e inferiores, por contactos irregulares. Se caracteriza por sus granos tamaño fino, angulares y de esfericidad media, al igual que, por su estratificación cruzada y laminación de óxidos (Figura 32b, Figura 32c). La otra subarcosa que la suprayace, cuenta con un espesor de 0,9m, granos de tamaño medio, subangulares y de esfericidad media y láminas de óxidos (Figura 33a).



Figura 31. a. Subarcosa con materia orgánica, b. Subarcosa intercalada con lodolitas y materia orgánica, c. Subarcosa de grano medio, d. Carbón y sublitoarenita con laminación paralela de materia orgánica, e. Lodolita frfable, f. Estratificación entre lodolita y carbón, g. Estructuras de carga y laminación de materia orgánica en cuarzoarenita, h. Estratos de carbón y lodolita, i. Carbón

El patrón de lodolitas gris, friables y carbón, reaparece sobre un contacto irregular desde los **112,99m** hasta los **125,44m**, diferenciados por contactos irregulares. La disposición de estos estratos, se desarrolla así: una lodolita de 0,9m, un carbón de 0,15m. Nuevamente, una lodolita de 0,25m, seguido de un carbón de 0,15m y finalizada por una lodolita de 1m de un espesor (Figura 33b).



Figura 32 a. Estratos de carbón y lodolitas que subyacen por un contacto erosivo a subarcosa , b. Estratificación cruzada en subarcosa, c. Láminas de óxidos

En el techo de esta sección, entre los **125,44m** y **129,44m**, reposa una subarcosa bioturbada, de grano medio, subangulares y de esfericidad baja (Figura 33).

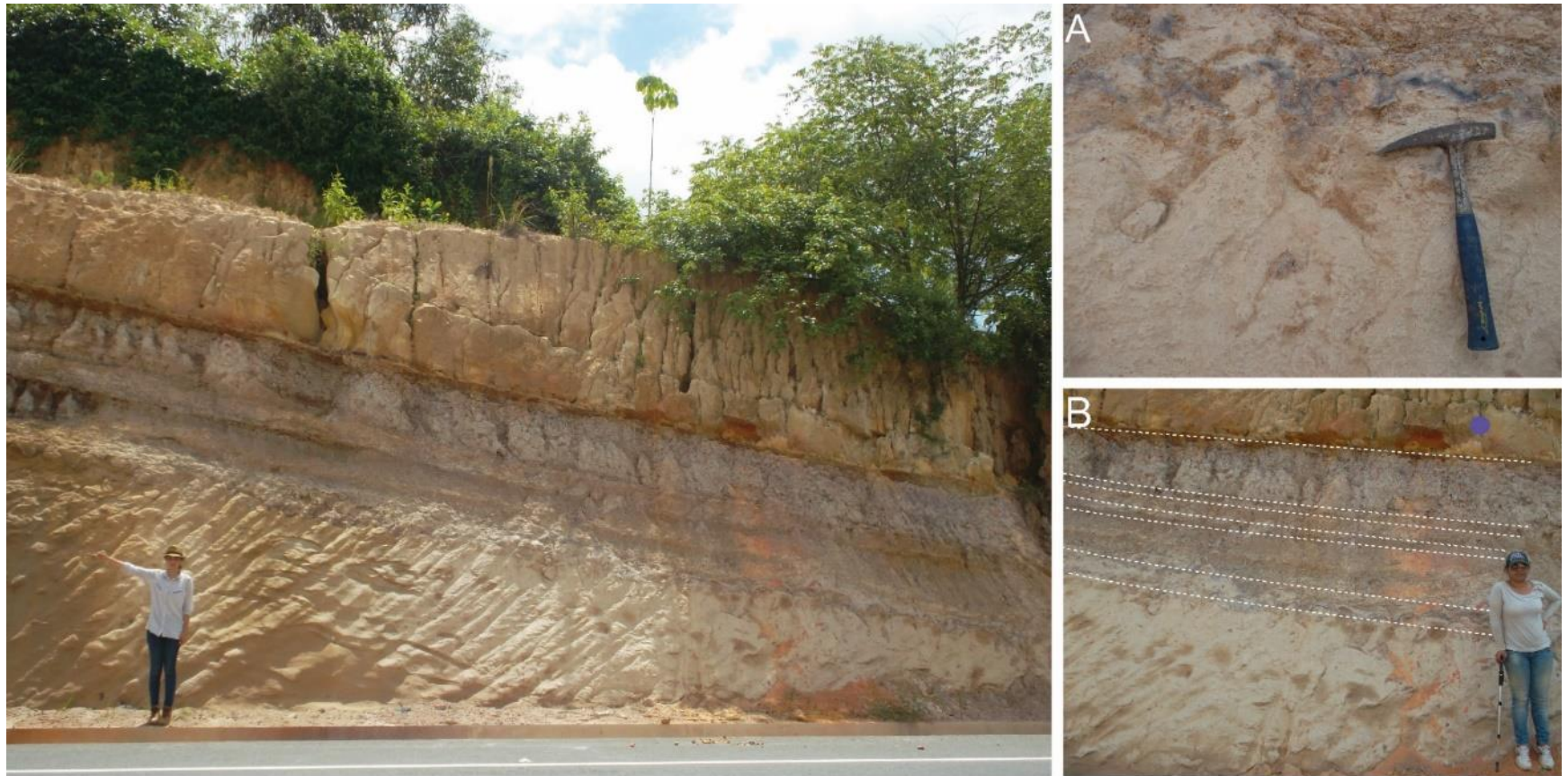


Figura 33 a. Subarcosa de grano medio con láminas de óxidos, b. Patrón de lodolitas y carbones. El punto morado corresponde al estrato de subarcosa bioturbada, techo de la sección

4 PETROGRAFÍA

De la columna estratigráfica, descrita anteriormente, se elaboraron diez secciones delgadas de rocas características. Entre ellas, se encuentran rocas detríticas y químicas. Las muestras siliciclásticas fueron clasificadas composicionalmente y representadas en el triángulo de Folk (1974) (Figura 34).

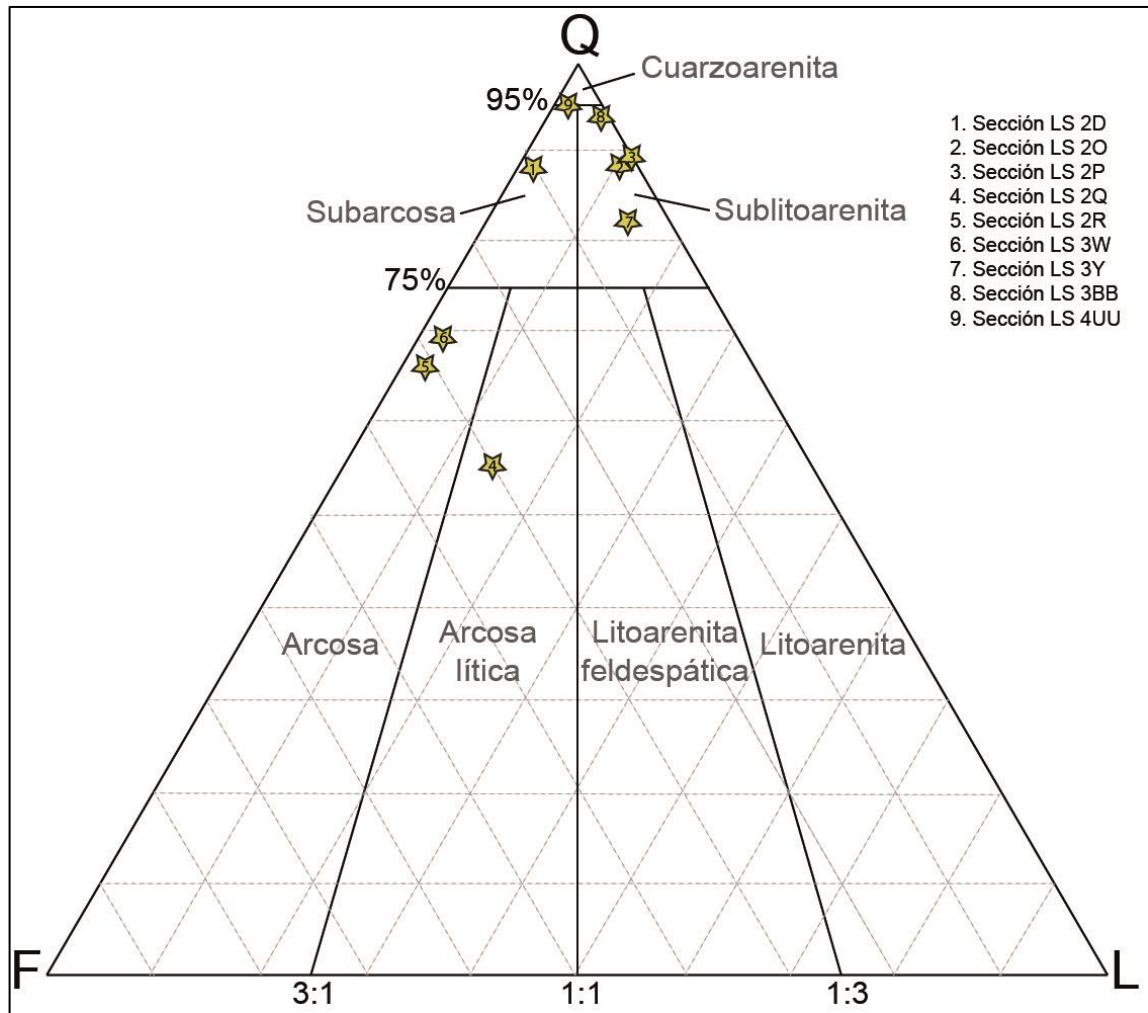


Figura 34. Clasificación composicional según Folk (1974) de las rocas siliciclásticas de la sección estudiada

El siguiente análisis petrográfico de las muestras seleccionadas, será descrito de base a techo.

- **Sección LS 2D**

Fue obtenida de una arenisca muy gruesa, con granos de cuarzo de 1cm. Al microscopio petrográfico, se observa que la selección es mala. Se clasificó como una subarcosa, al presentar 10,7% de feldespato, acompañado de 87,4% de cuarzo y 1,7% de fragmentos líticos (Figura 35a, Figura 35b). Algunos de los feldespatos, muestran macla definida y hábitos tabulares. También, contiene 2% de bioclastos, como foraminíferos y conchas de bivalvos; óxidos como hematita (0,006%) y micas como moscovita. Su matriz es de tipo silíceo, y su cemento, calcáreo.

- **Sección LS 2O**

La muestra macro es una arenisca fina con materia orgánica. La selección es mala, al microscopio petrográfico. Se consideró una sublitoarenita, por tener 9% de fragmentos líticos (metamórficos y volcánicos), 2% de feldespato, microclina y 89% de cuarzo, predominando el cuarzo monocristalino y con extinción ondulatoria (Figura 35c, Figura 35d). Igualmente, se encuentra compuesta por glauconita (0,02%), calcita (0,033%) y bioclastos (0,04%). La matriz es arcillosa y el cemento calcáreo.

- **Sección LS 2P**

Esta sección delgada proviene de una arenisca muy fina, que petrográficamente tiene una selección media a buena. Según Folk (1974), es una sublitoarenita con matriz de lodo (?) y cemento calcáreo. Los porcentajes de los minerales principales son: cuarzo 88,7%, feldespato 0,8% y fragmentos líticos 10,4% (Figura 35e, Figura 35f). El segundo, se observa microclina y con maclas. Otros componentes son: bioclastos de bivalvos y foraminíferos (0,076%) y glauconita (0,01%).

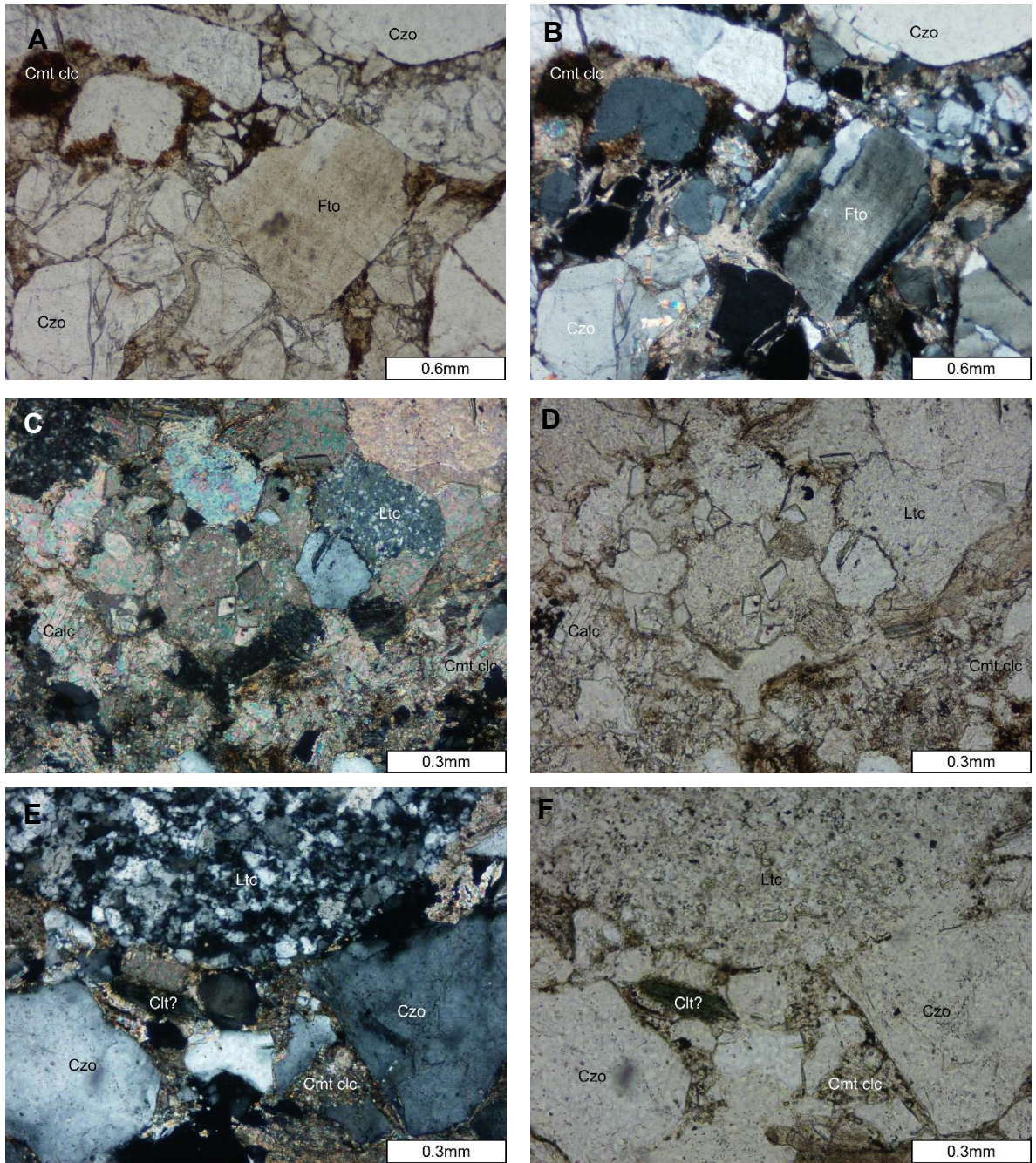


Figura 35 a y b. Sección LS 2D – Objetivo 4x, Subarcosa; c y d. Sección LS 20 - Objetivo 10x, Sublitoarenita; e y f. Sección LS – 2P – Objetivo 10x, Sublitoarenita.

- **Sección LS 2Q**

Se obtiene a partir de una arenisca muy fina con materia orgánica y clorita. A nivel microscópico, su selección es mala y cuenta con 56% de cuarzo, 30% de feldespato y 14% de fragmentos líticos, por esto se considera una arcosa lítica (Figura 36a, Figura 36b). Algunos de los feldespatos se encuentran alterados y entre los líticos, se distinguen arcillolitas (?). Además, se observó 0,09% de moscovita, 0,003% de minerales opacos, 0,003% de clorita, 0,03% de glauconita y 0,01% de bioclastos de bivalvos. El cemento es de tipo silíceo.

- **Sección LS 2R**

Clasificado macroscópicamente como una arenisca fina con materia orgánica y óxidos. Microscópicamente posee una mala selección y se clasifica como una arcosa (Figura 36c, Figura 36d). En su composición, se reconoce un 67% de cuarzo monocristalino, 31% de feldespato y 2% de fragmentos líticos, siendo estos arcillolitas (?). Igualmente, 0,03% de moscovita, 0,02% de opacos, 0,06% de óxidos y 0,09% de glauconita. Presenta cemento silíceo y ferruginoso.

- **Sección LS 3W**

Obtenida de una arenisca muy fina que en su análisis petrográfico muestra una selección mala. Sus porcentajes de cuarzo, feldespatos y fragmentos líticos son 70%, 28% y 2%, respectivamente. Lo anterior, la clasifica como una arcosa (Figura 36e, Figura 36f). Entre las características de estos minerales, se encuentra la alteración del feldespato y fragmentos ígneos y sedimentarios. Se distinguen micas como moscovita (0,02%) y cemento ferruginoso.

- **Sección LS 3Y**

Texturalmente la muestra macro presenta granos de arenisca fina a media y composicionalmente, es una sublitoarenita con selección media a mala (Figura 37a, Figura 37b). Contiene 81% de cuarzo en su mayoría, con extinción ondulatoria; 4,6% de feldespato y 13,9% de líticos, entre ellos, ígneos y sedimentarios. Como minerales accesorios, se encuentra moscovita y biotita. Su matriz es silícea y el cemento ferruginoso.

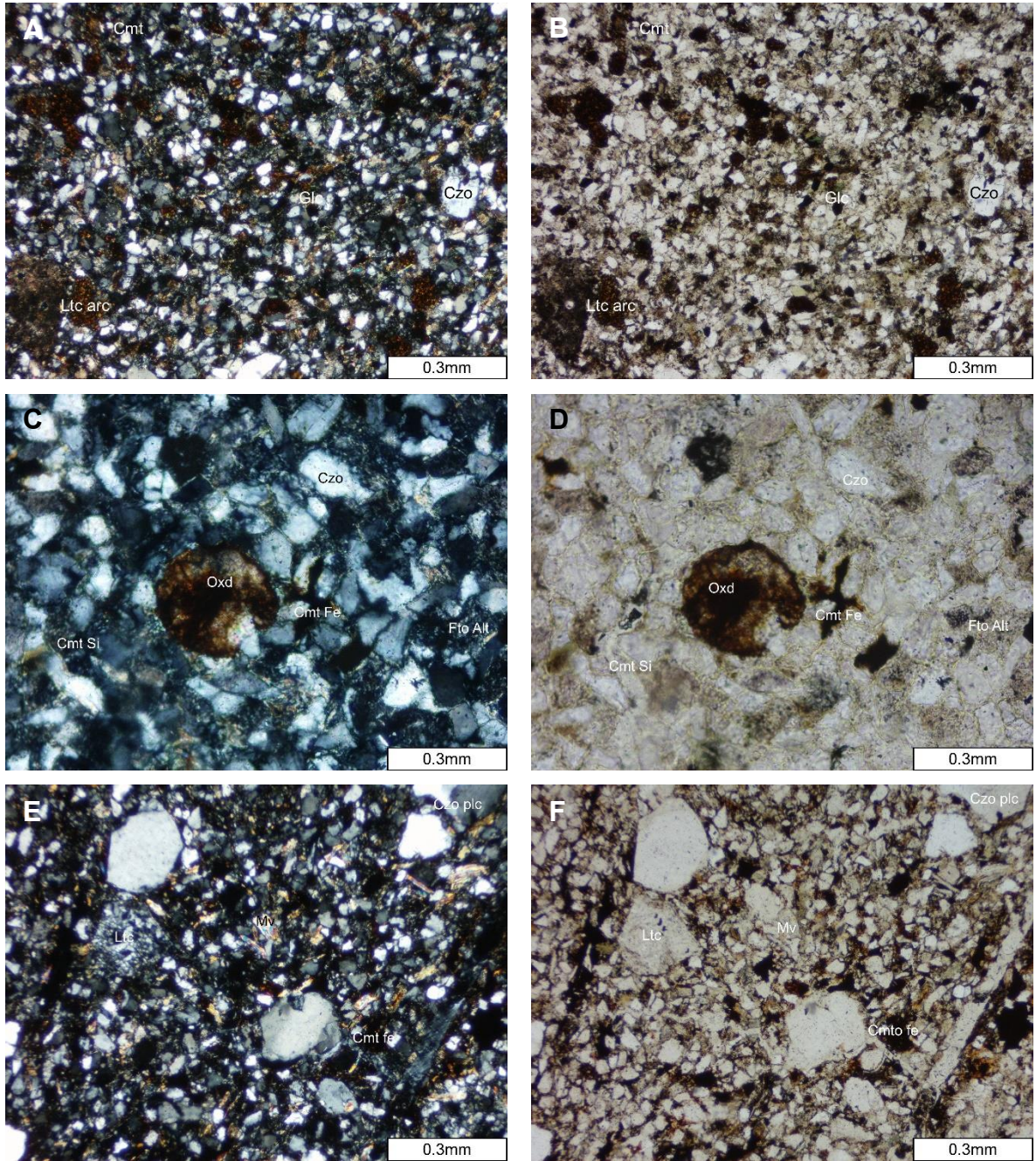


Figura 36. a y b. Sección LS 2Q – Objetivo 10x, Arcosa lítica; c y d. Sección LS 2R - Objetivo 10x, Arcosa; e y f. Sección LS – 3W – Objetivo 10x, Arcosa.

- **Sección LS 3BB**

Proviene de una arenisca gruesa, petrográficamente con selección mala. El porcentaje de líticos es de 5,7%, lo cual la hace una sublitoarenita, acompañado de un 93% de cuarzo, y 1,3% de feldespato (Figura 37c, Figura 37d). Se observa moscovita, óxidos y su matriz es sílicea.

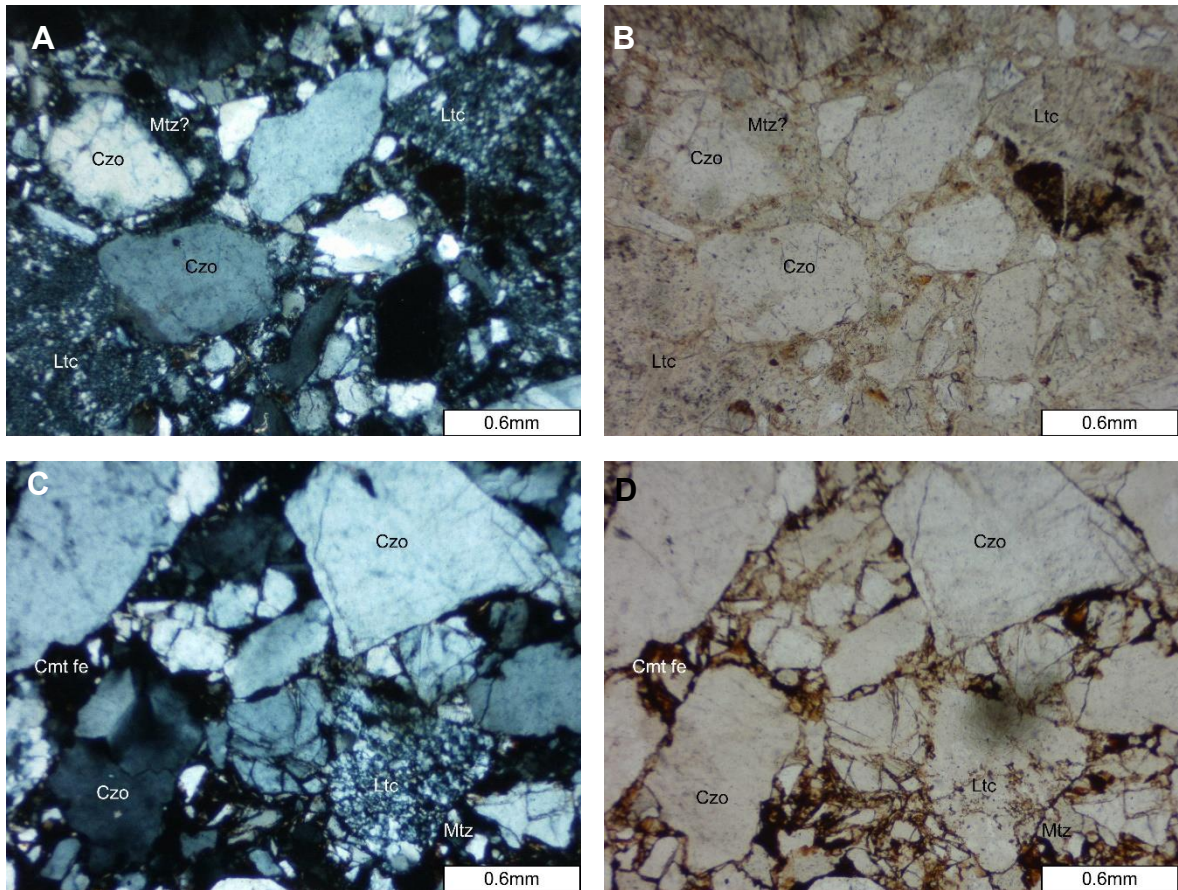


Figura 37. a y b. Sección LS 3Y – Objetivo 4x, Sublitoarenita; c y d. Sección LS 3BB - Objetivo 4x, Sublitoarenita.

- **Sección LS 4QQ**

A nivel macro, se clasificó como una *wackestone*, con bivalvos y gasterópodos y en el análisis petrográfico como una micrita fosilífera (Figura 38a, Figura 38b). Se caracteriza por su porcentaje de cuarzo, 25,3%, y de matriz, micrita (67,6%). También, se observan bioclastos, foraminíferos y conchas de bivalvos,

acompañados de óxidos, materia orgánica y minerales como moscovita, calcita, y glauconita.

- **Sección LS 4UU**

La muestra de la que fue obtenida esta sección es una arenisca fina con materia orgánica, óxidos y sulfuros. Al microscopio petrográfico, la selección es mala. Se clasifica como una cuarzoarenita al contar con un 95% de cuarzo, 4% de feldespato y 1% de fragmentos líticos ígneos (Figura 38c, Figura 38d). Se distinguen micas como moscovita (0,07%), opacos (0,02%) y su cemento es ferruginoso.

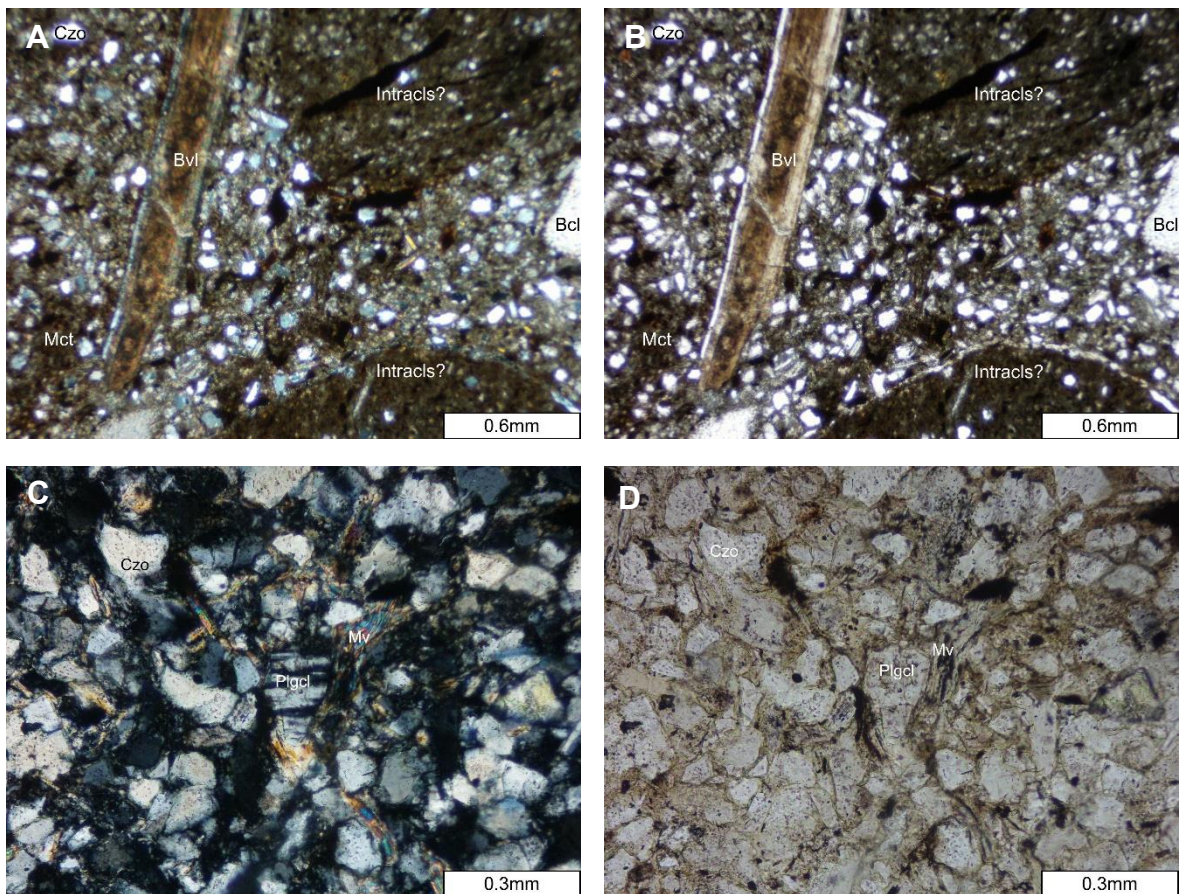


Figura 38. a y b. Sección LS 4QQ – Objetivo 4x, Micrita fosilífera; c y d. Sección LS 4UU - Objetivo 10x, Cuarzoarenita

5 AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Las facies sedimentarias es la suma de las características de una unidad sedimentaria como dimensiones, estructuras sedimentarias, tipo y tamaño de grano, color y contenido biogénico encontrados en una roca sedimentaria (Middleton, 1973). A partir de la descripción y la agrupación de las rocas sedimentarias, se puede realizar un análisis de facies, que consiste en la interpretación de las condiciones físicas, químicas y ecológicas en el momento de acumulación de los sedimentos, permitiendo la reconstrucción de paleoambientes. A su vez, las distintas facies forman una asociación de estas mismas, que reflejan el ambiente de acumulación, que es el producto de la combinación de procesos que ocurren allí. La ocurrencia en un orden particular, debido a la repetición de una serie de procesos como respuesta a cambios en las condiciones, es lo que se conoce como una sucesión de facies.

5.1 DESCRIPCION DE FACIES

A lo largo de la sección estratigráfica levantada en la Formación El Floral – Ciénaga de Oro se encontraron paquetes de estratos que son características de las siguientes facies:

5.1.1 Playa (F1)

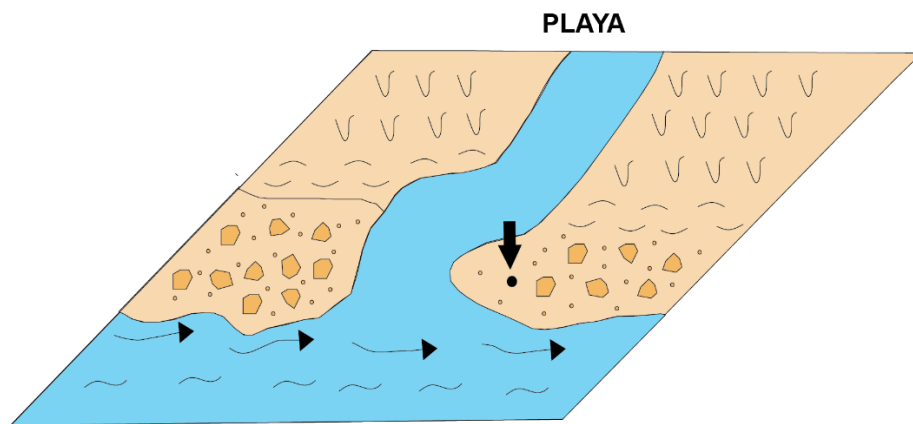


Figura 39. Facies Playa (F1)

- F1a: Cuarzoarenita con gradación inversa de tamaños de grano fino a guijarros e imbricación.
- F1b: Lodolita con laminaciones rojizas
- F1c: Subarcosa con gradación normal
- F1d: Arcosa fina con lentes de materia orgánica, laminaciones de óxidos y madrigueras
- F1e: Sublitoarenita fina con laminaciones de óxidos y madrigueras verticales
- F1f: Intercalación de sublitoarenita a cuarzoarenita, tamaño fino a grueso con estratificación en artesa y cruzada.
- F1g: Intercalación de subarcosa a sublitoarenita de tamaño de grano medio a muy grueso con laminaciones de óxidos
- F1h: Cuarzoarenita de grano fino
- F1i: Intercalaciones de sublitoarenitas de tamaño medio a conglomeráticas
- F1j: Sublitoarenita de tamaño grava con laminación de óxidos
- F1k: Sublitoarenita con gradación inversa de grano medio a gruesa y madrigueras verticales
- F1l: Arcosa de grano muy grueso con materia orgánica
- F1m: Subarcosa conglomerática con laminación de materia orgánica y óxidos
- F1n: Sublitoarenita de grano medio

- F1o: Subarcosa de grano muy fino con bioturbación, materia orgánica y bivalvos
- F1p: Sublitoarenita fina con laminación de materia orgánica, bivalvos, gasterópodos, madrigueras verticales y horizontales

5.1.2 Frente de playa superior a playa frontal (F2)

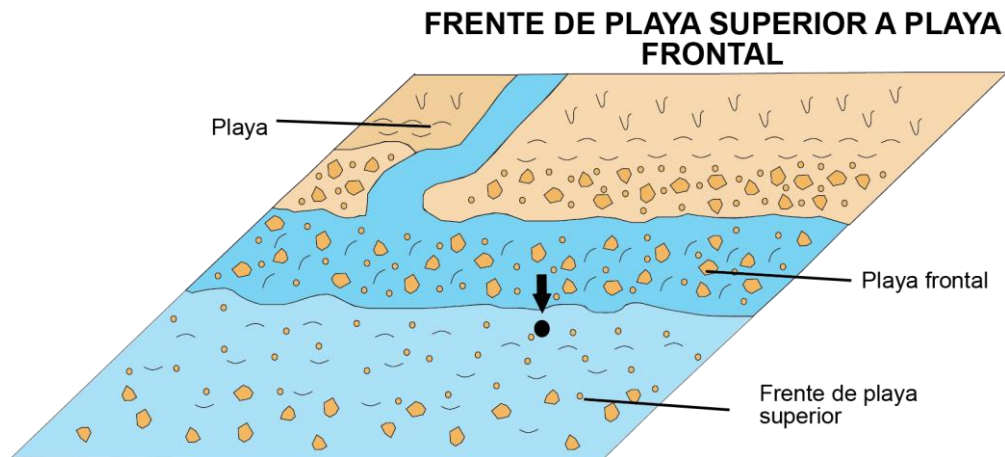


Figura 40. Facies Frente de playa superior a playa frontal (F2)

- F2a: Conglomerado oligomictico matriz soportado con moldes de bivalvos
- F2b: Subarcosa de tamaño de grano muy grueso con bivalvos y gasterópodos
- F2c: Subarcosa de grano medio con óxidos
- F2d: Subarcosa de grano muy fino
- F2e: Subarcosa de grano fino con óxidos
- F2f: Lodolita con madrigueras verticales, laminación de materia orgánica
- F2g: Subarcosa fina con bivalvos y gasterópodos

- F2h: Intercalación de sublitoarenitas de tamaños de grano fino a muy grueso con materia orgánica, bivalvos y nódulos.
- F2i: Sublitoarenita fina de color blanco
- F2j: Sublitoarenita fina con bivalvos y gasterópodos
- F2k: Sublitoarenita muy fina con bivalvos y gasterópodos
- F2l: Cuarzoarenita gruesa con moldes de bivalvos
- F2m: Sublitoarenita fina con laminación de óxidos, concreciones, bivalvos y gasterópodos
- F2n: Arcosa lítica muy fina con laminación de materia orgánica y bivalvos
- F2o: Arcosa fina con bandas de óxidos y nódulos
- F2p: Cuarzoarenita muy gruesa con moldes de bivalvos y gasterópodos
- F2q: Lodolita con bivalvos, gasterópodos y nódulos
- F2r: Arcosa fina con bivalvos, gasterópodos, materia orgánica y oxidación

5.1.3 Llanura deltaica (F3)

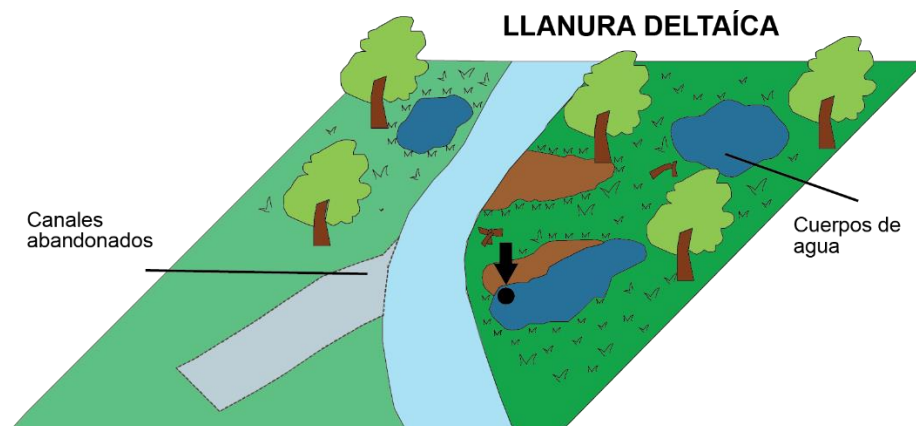


Figura 41. Facies Llanura deltaica (F3)

- F3a: Lodolita con materia orgánica y lentes de carbón
- F3b: Carbón con sulfuros y xilópalos
- F3c: Lodolita con materia orgánica
- F3d: Lodolita bioturbada
- F3e: Carbón con sulfuros
- F3f: Carbón
- F3g: Lodolita
- F3h: Lodolita gris friable
- F3i: Lodolita con oxidación
- F3i: Carbón con yeso
- F3j: Cuarzoarenita con laminación de materia orgánica, estructuras de carga y convoluta

5.1.4 Playa en condiciones secas (F4)

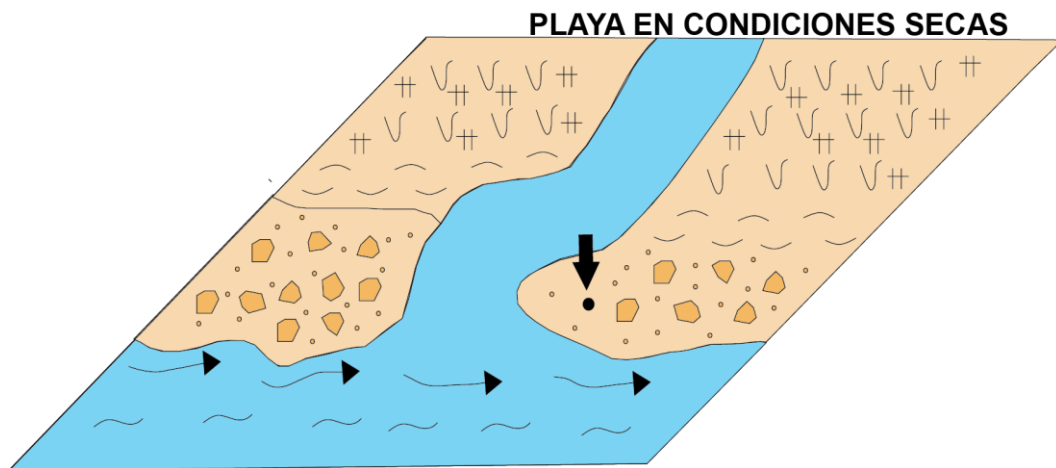


Figura 42. Facies Playa en condiciones secas (F4)

- F4a: Sublitoarenita muy fina con yeso
- F4b: Sublitoarenita con gradación inversa de fina a muy gruesa, bioturbación, nódulos y yeso
- F4c: Sublitoarenita fina con laminación de óxidos, madrigueras verticales y horizontales y yeso

5.1.5 Playa a llanura deltaica (F5)

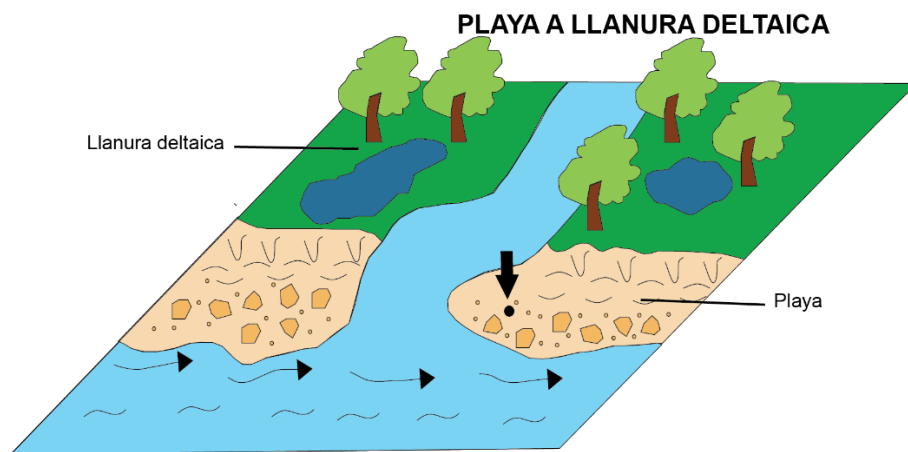


Figura 43. Facies Playa a Llanura deltaica (F5)

- F5a: Sublitoarenita fina con bivalvos y nódulos
- F5b: Carbón
- F5c: Lodolita gris friable
- F5d: Subarcosa muy fina con laminación de óxidos, madrigueras verticales, materia orgánica y sulfuros
- F5e: Subarcosa fina con materia orgánica
- F5f: Subarcosa media
- F5g: Carbón

5.1.6 Llanura deltaica superior (F6)

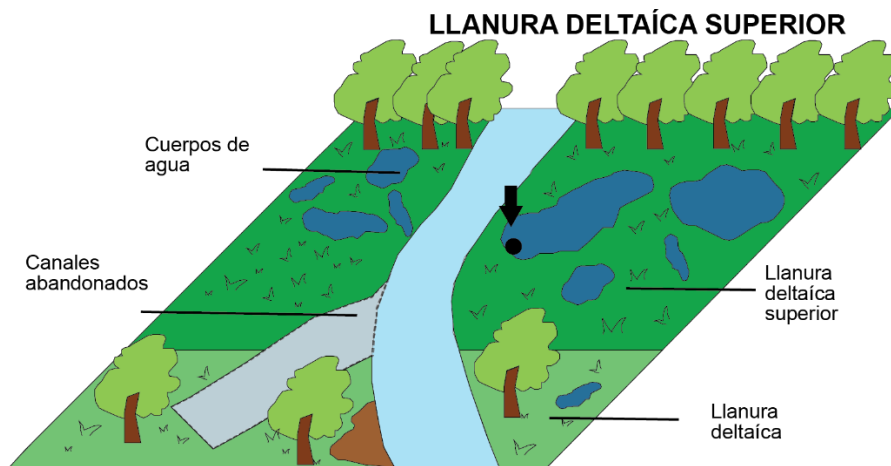


Figura 44. Facies Llanura deltaica superior (F6)

- F6a: Sublitoarenita de tamaño de grano muy fino con laminación de materia orgánica y nodulos
- F6b: Sublitoarenita muy fina con bioturbación
- F6c: Subarcosa muy fina con intraclastos y laminación de materia orgánica
- F6d: Intercalación de sublitoarenita de grano fino a grueso
- F6d: Sublitoarenita de grano muy fino

5.1.7 Levees asociados a llanuras deltaicas (F7)

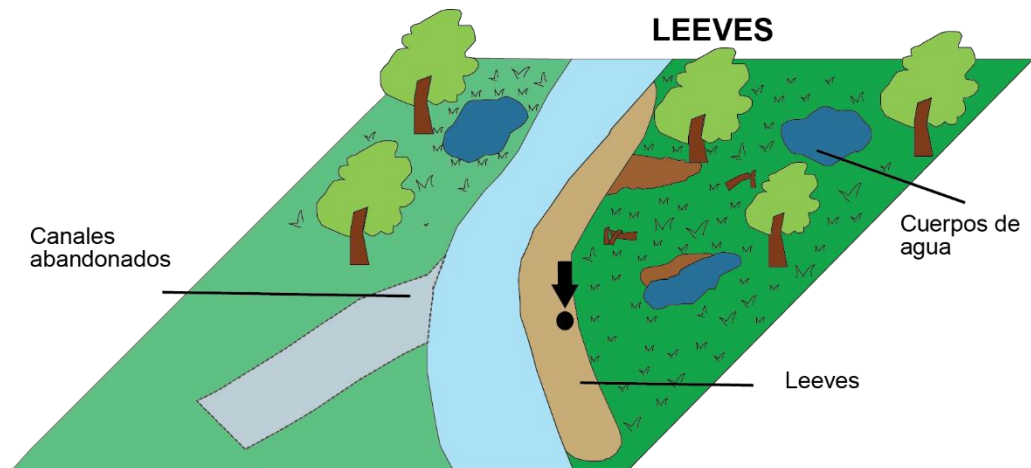


Figura 45. Facies Leeyes (F7)

- F7a: Subarcosa de grano fino
- F7b: Lodolita gris friable
- F7c: Sublitoarenita fina
- F7d: Litoarenita feldespática fina con laminación de materia orgánica
- F7e: Carbón
- F7f: Arcosa fina
- F7g: Subarcosa de grano medio con laminaciones de lodos
- F7h: Cuarzoarenita muy fina con laminación de materia orgánica

5.1.8 Frente de playa inferior (F8)

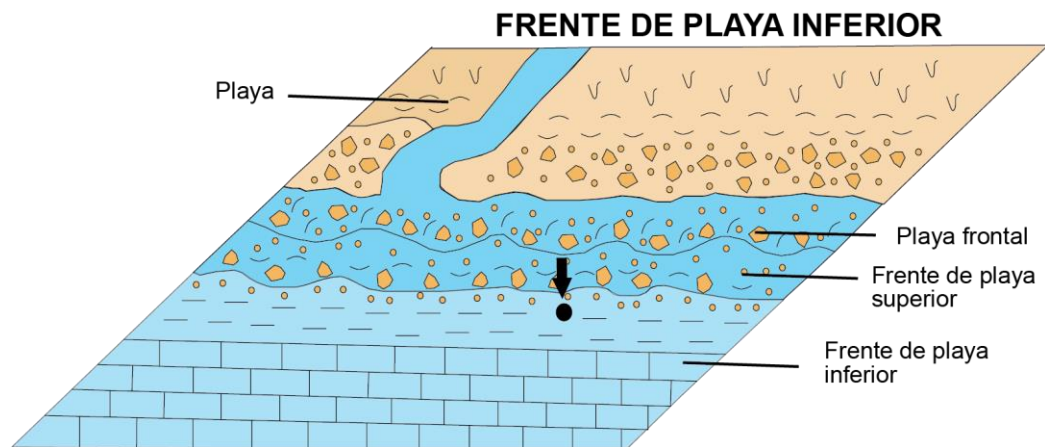


Figura 46. Facies Frente de playa inferior (F8)

- F8a: Lodolita fosilífera con laminación de materia orgánica, madrigueras verticales, bivalvos, gasterópodos y nódulos
- F8b: Sublitoarenita muy fina con laminación de materia orgánica, bivalvos, gasterópodos, madrigueras horizontales y sulfuros
- F8c: Micrita fosilífera con bivalvos, gasterópodos

5.1.9 Canales distributarios (F9)

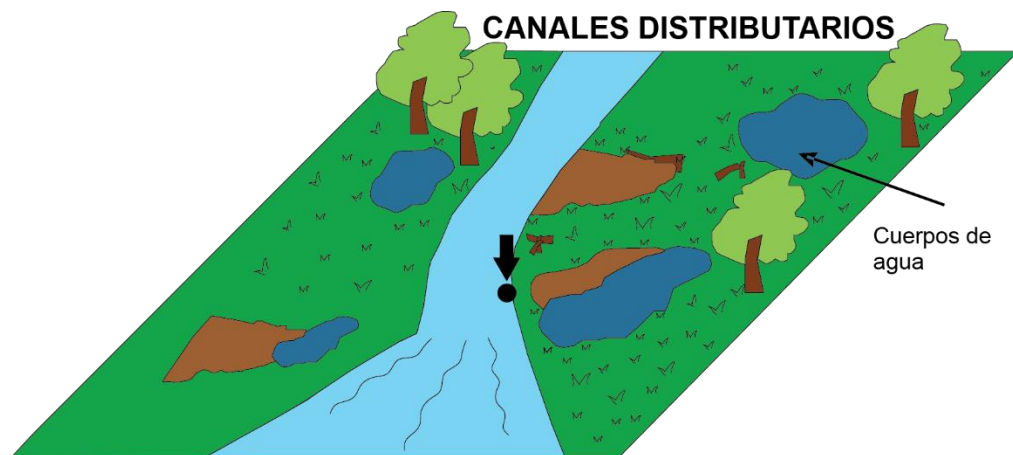


Figura 47. Facies Canales distributarios (F9)

- F9a: Sublitoarenita de grano medio con laminación de materia orgánica y estratificación cruzada
- F9b: Subarcosa fina con estratificación cruzada y laminación de óxidos
- F9c: Subarcosa gruesa con bandeamiento de óxidos
- F9d: Subarcosa de grano medio bioturbada

5.2 RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL

Con base en el análisis de las estructuras sedimentarias, el contenido fósil y la litología se realiza la interpretación de posibles ambientes de acumulación de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro. En general, se interpreta que los ambientes transicionales, entre deltas y frentes de playa son los dominantes (Figura 48).

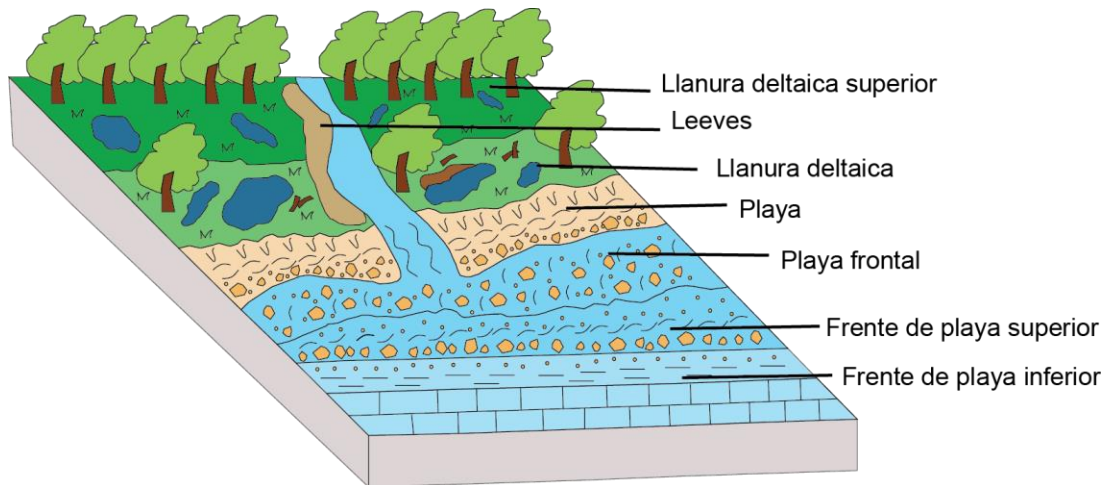


Figura 48. Ambientes transicionales en la sección estratigráfica estudiada

Desde la base de la sección hasta los **11,48m** (Figura 49) , la sección levantada en la Formación El Floral – Ciénaga de Oro pudo estar influenciada por facies de ambientes marino someros, entre ellos, ‘playa’ (F1), ‘frente de playa superior a playa frontal’ (F2).

Según Boggs (2006), en los ambientes de playa se encuentran sedimentos predominantemente de arenisca fina a media, aunque también puede incluir

guijarros y lentes o capas de gravas. También es común encontrar, laminaciones de minerales pesados, alternados con capas de arenas cuarzosas. Teniendo en cuenta lo anterior, se deduce que los paquetes de estratos, desde la base hasta los **5,03m**, pertenecen a la facies F1. Además, esta capa presenta, gradación inversa y normal entre los tamaños de grano fino a guijarro e imbricación en los granos de mayor tamaño, explicado por flujos fuertes producto del oleaje.

El contenido y las trazas fósiles, entre los **5,03m** y **11,48m**, son las características principales para asociar estos estratos a las facies 'Frentes de playa superior a playa frontal' (F2). En el primero de ellos, los depósitos están sometidos a corrientes *longshore* o litorales, con oleaje fuerte (Boggs, 2006), entonces, las condiciones de alta energía causan que la arena fina este suspendida temporalmente, mientras que arenas más gruesas se concentran en el lecho (Reading, 1996). La presencia de moldes de bivalvos y gasterópodos, según Bourgeois & Leithold (1984), también indicarían ambientes de alta energía que favorece la alta densidad de taxa con conchas gruesas, sin embargo, limita la variedad de especies bentónicas adaptadas a estratos no estables.

La playa frontal, es un ambiente muy similar al encontrado en la base de la sección; las láminas de oxidación son explicadas por la exposición de los estratos en presencia de oxígeno, que también favorece la existencia de organismos capaces de construir madrigueras. La relación entre la forma vertical y cilíndrica de estas madrigueras y la litología en la que se encuentra, permiten clasificarla como una traza fósil *Glossifungites* que se desarrollan en ambientes marinos a no marinos, sustratos firmes, pero no litificados como los lodos cohesivos (Koutsoukos, 2005).

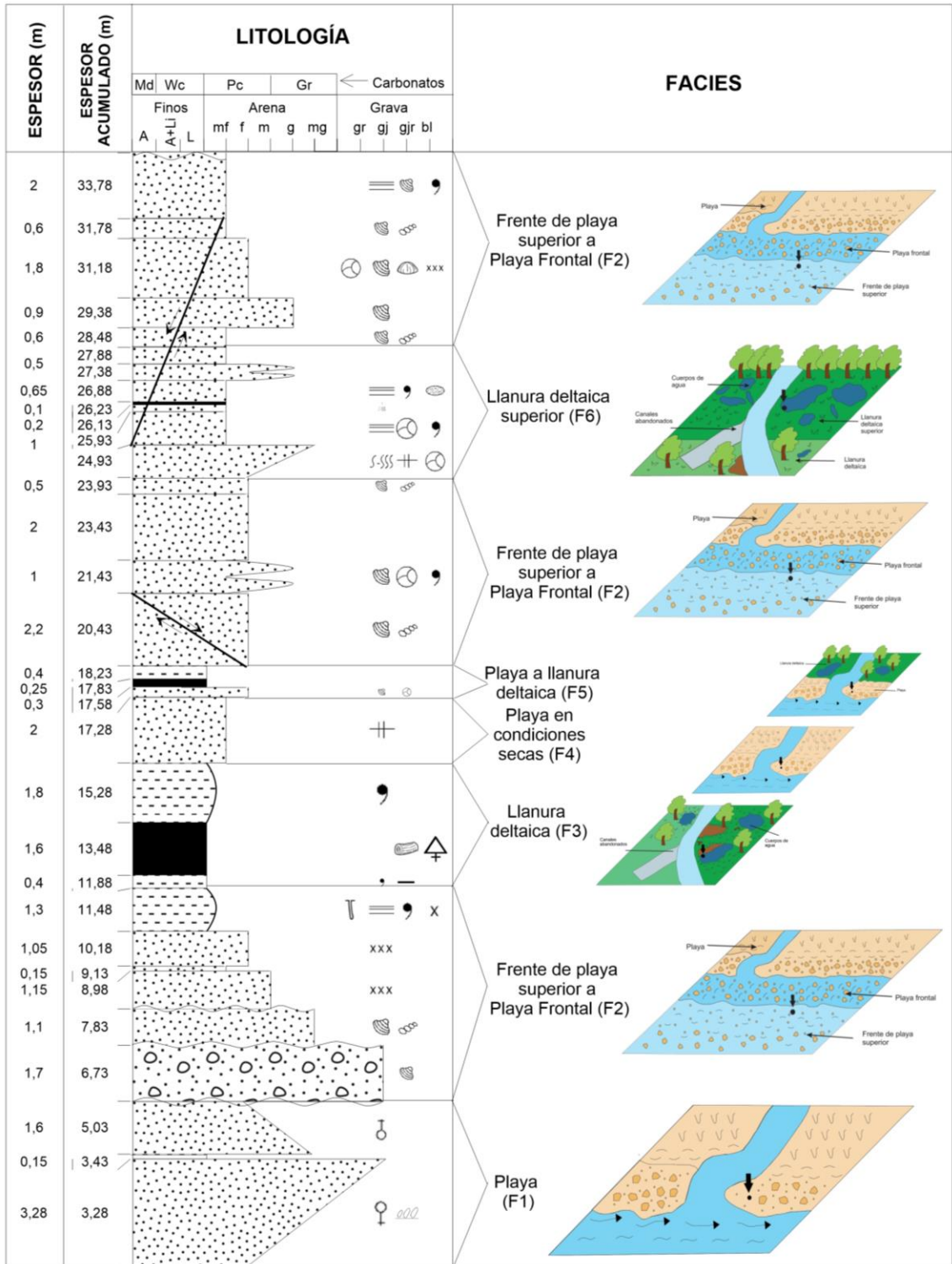


Figura 49. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde la base hasta los 33,78m

Por otra parte, las laminaciones de materia orgánica en este tipo de ambientes, pueden ser resultado del aporte de sedimentos provenientes del continente. Los contactos erosivos y las formas en cuña de los estratos comprendidos en este tramo hacen pensar que se depositaron en forma simultánea, tratándose de una interdigitación de facies.

A partir de los **11,48 m** y hasta los **15,28 m**, se produce un posible cambio de ambientes marino someros a continentales, evidenciado principalmente por facies que contienen xilópalos, materia orgánica y carbón.

En este tramo, se reconocen estratos de lodolitas con ocurrencia de materia orgánica; y carbón. El alto porcentaje de estos, es indicador de condiciones reductoras. Es por ello, y por la presencia de xilópalos, que se definen las facies de 'Llanuras deltaicas' (F3), en las cuales se da la acumulación de sedimentos en suspensión y es posible, el hallazgo de vegetación. El carbón, al estar acompañado de sulfuros, puede señalar: (i) la influencia de agua salina durante su formación, ya que este tipo de agua contienen sulfatos, que generan sulfuros (Nichols, 2009) o (ii) procesos diagenéticos como la alteración de yeso a anhidrita durante los procesos de enterramiento, levantamiento y exposición en superficie, e incluso la telogenesis, en donde la oxidación de sulfuros da lugar a minerales de sulfatos, si hay calcio en el agua capilar (Boggs, 2006).

Nuevamente, entre **15,28 m** hasta **18,23m**, se da una transición de ambientes marino someros a continentales, de las facies 'Playa en condiciones secas' (F4) y 'Playa a llanura deltaica' (F5). La primera, esta evidenciada por la aparición de yeso en estratos de areniscas, bajo condiciones áridas en estos ambientes. Posteriormente, a los **17,58m**, la presencia de bivalvos y la litología en la que se encuentran se asocian a ambientes de playa, con nódulos, posiblemente producto de la exposición a condiciones oxidantes. Las facies de llanura deltaica están soportadas por los estratos de carbón y lodolita.

Los ambientes se mueven de continentales, a marino somero, sobre los **18,23m** y hasta los **24,93m**. El ambiente marino somero se refleja por la ocurrencia de las facies 'Frente de playa superior a playa frontal' (F2) que contiene estratos de arenisca finas, algunas masivas, y con contenido fósil de bivalvos y gasterópodos. También, existen estratos con intercalaciones de grano fino a muy grueso. La materia orgánica puede ser producto de un aporte continental durante la acumulación, y luego la formación de nódulos es resultado, de la exposición de este estrato a condiciones oxidantes. Posterior a esto, se encuentra un estrato de arenisca que, eventualmente, tenía condiciones favorables para la existencia de organismos que generaron bioturbación y, probablemente la formación de nódulos. Sin embargo, en otro periodo, se infiere que predominaron condiciones secas o áridas, en las que se da la aparición de minerales como yeso, por la evaporación de las aguas del mar (Nichols, 2009)

A los **24,93m**, la sección pasa de un ambiente marino somero, específicamente de playas, a continentales, de 'Llanura deltaica superior' (F6). Desde este nivel, hasta los **27,88m**, se acumulan capas de areniscas muy finas, con una intercalación de areniscas de tamaño fino a grueso y carbón. Estos estratos, se asemejan a facies de llanura deltaica superior, donde prevalecen procesos fluviales, entre ellos, ambientes de llanuras de inundación. Generalmente, cuando el río inunda, el agua esparce sedimentos finos sobre la llanura de inundación, donde se deposita en capas muy delgadas (Nichols, 2009). La intercalación de granos finos y gruesos, puede mostrar cambios en la energía del flujo; y el carbón y la materia orgánica, son características de periodos de calma, en los cuales se pudo acumular espesores significativos de esta. Por último, los intraclastos pudieron ser fragmentos resultado del rompimiento y retrabajamiento de sedimentos penecontemporaneos, usualmente poco consolidados que han sido erodados dentro de una cuenca depositacional y redepositados ahí, en forma de nuevo sedimento (Neuendorf et al., 2005).

Desde los **27,88m**, hasta los **40,03m**, se repite la variación de ambientes marino someros, de las facies 'Frente de playa superior a playa frontal' (F2), a ambientes continentales, de las facies, 'Llanura deltaica' (F3). El análisis se realizó a partir del contenido fósil y litología similar a las encontradas anteriormente (Figura 50).

El espesor de 3,3m de intercalación de arenisca de tamaño medio a conglomerático que subyace el tramo anterior, se depositó en las facies 'Playa' (F1) con condiciones oxidantes, en los cuales pudo formar láminas de oxidación.

Aumentando la energía en estos ambientes de playa, entre los **44,13m** y los **46,78m**, se encuentran estratos de facies 'Frente de playa superior a playa frontal' (F2). La actividad de oleaje, en estas zonas, permitió la acumulación de sedimentos de areniscas gruesas, en primera instancia, con contenido fósil de bivalvos y gasterópodos. Luego, continuó con aportes de grano más fino como lodolitas y areniscas muy finas, con bivalvos, gasterópodos, materia orgánica y oxidación.

Sobre los **46,78m** hasta los **52,03m**, aun en facies de 'Playa' (F1), se acumularon capas de areniscas muy finas, e intercalaciones de estas mismas, de grano fino a grueso. Las estructuras sedimentarias como estratificación cruzada y en artesa encontradas refuerzan esta idea, al igual, que la presencia de trazas fósiles y laminaciones de óxidos. Algunos de los procesos que argumentan la formación de este tipo de estratificaciones son: la migración de las dunas durante el *backwash* o la migración de la playa frontal (Boggs, 2006). Por otra parte, los contactos erosivos entre estratos pueden sugerir que el sedimento no se encontraba consolidado cuando los organismos construían sus madrigueras (Koutsoukos, 2005).

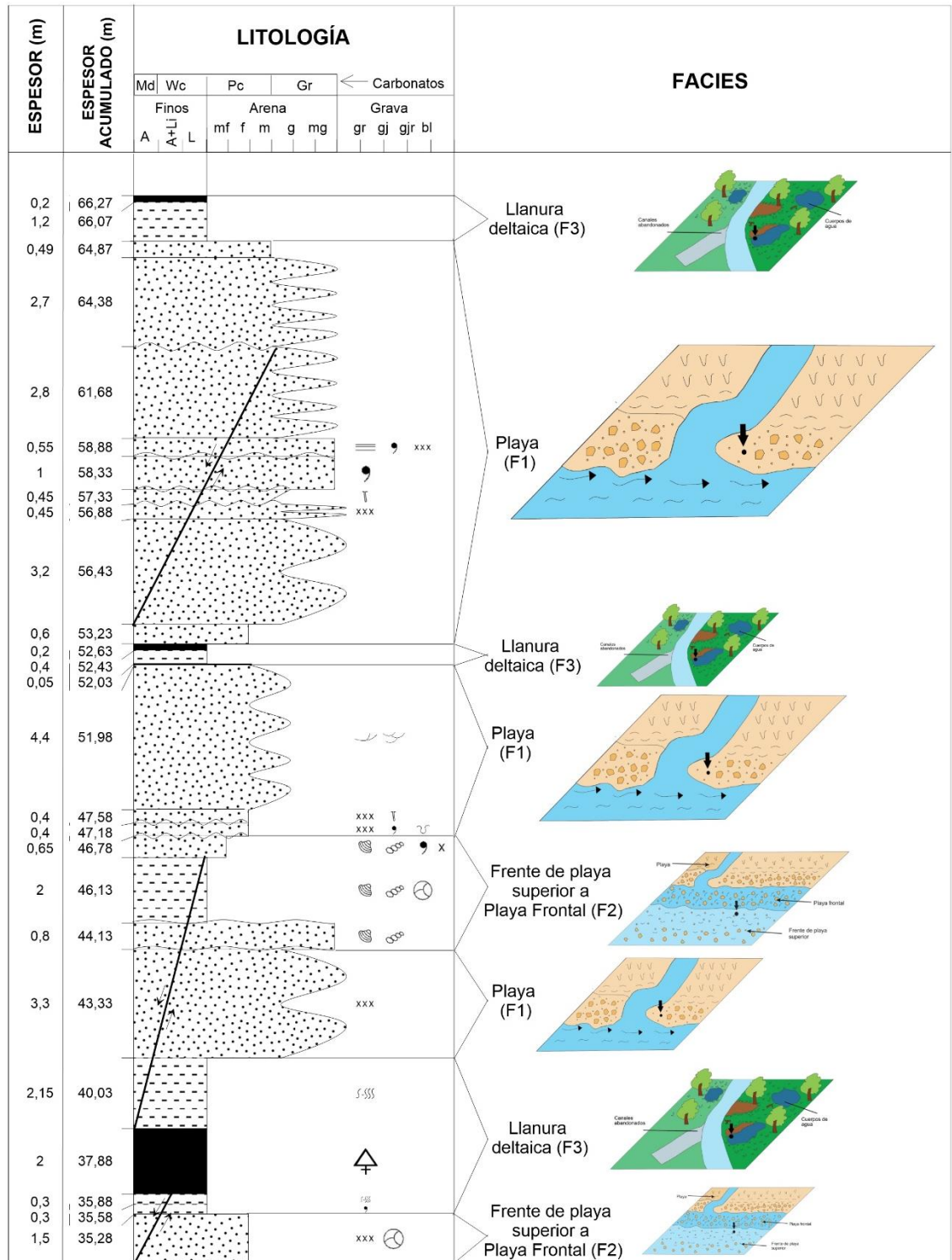


Figura 50. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 33,78m hasta los 66,27m

A los **52,03m**, reaparecen las facies de 'Llanura deltaica' (F3), con estratos de lodolita y carbón, indicadores de periodos de calma y acumulación de materia orgánica. Por el espesor acumulado durante este intervalo, se infiere, que probablemente la sección desarrolla una breve transición a ambientes continentales, para luego regresar a ambientes marinos someros, de facies 'Playa' (F1), entre los **52,63m** y **64,87m**.

A lo largo de este tramo, se depositaron capas de grano muy fino e intercalaciones de grano medio a conglomerática, de areniscas. El color rojizo y amarillentos de estos estratos y las láminas de oxidación, evidencian exposición a condiciones oxidantes durante su formación. Posteriormente, se observan trazas fósiles, que explican un escenario favorable para el desarrollo de organismos vivos. En el intervalo comprendido entre **57,33m** y **58,88m**, la ocurrencia de materia orgánica, se entiende como un posible aporte continental sobre la playa.

Una parte significativa de la sección levantada, entre los **64,87m** hasta los **101,69m**, abarca las facies de 'Llanura deltaica' (F3), con estratos particulares de la facies 'Levees' (F7). La primera, se caracteriza por capas de lodolita y carbón, acompañadas, en algunos casos, de oxidación y minerales como yeso, que indican periodos de oxidación y condiciones áridas, respectivamente (Figura 51).

Según Reading (1996), los *levees* son crestas formadas a los lados del canal, aunque se desarrollan mejor en los márgenes del lecho. Crecen por la acumulación de sedimentos en suspensión, de grano fino durante las inundaciones. Lo anterior, se observa en estratos de areniscas muy finas, finas y de grano medio, algunas con láminas de materia orgánica y lodolitas(?). Estas estructuras pueden ser producidas por la influencia de la llanura deltaica en la que se desarrollan estas facies.

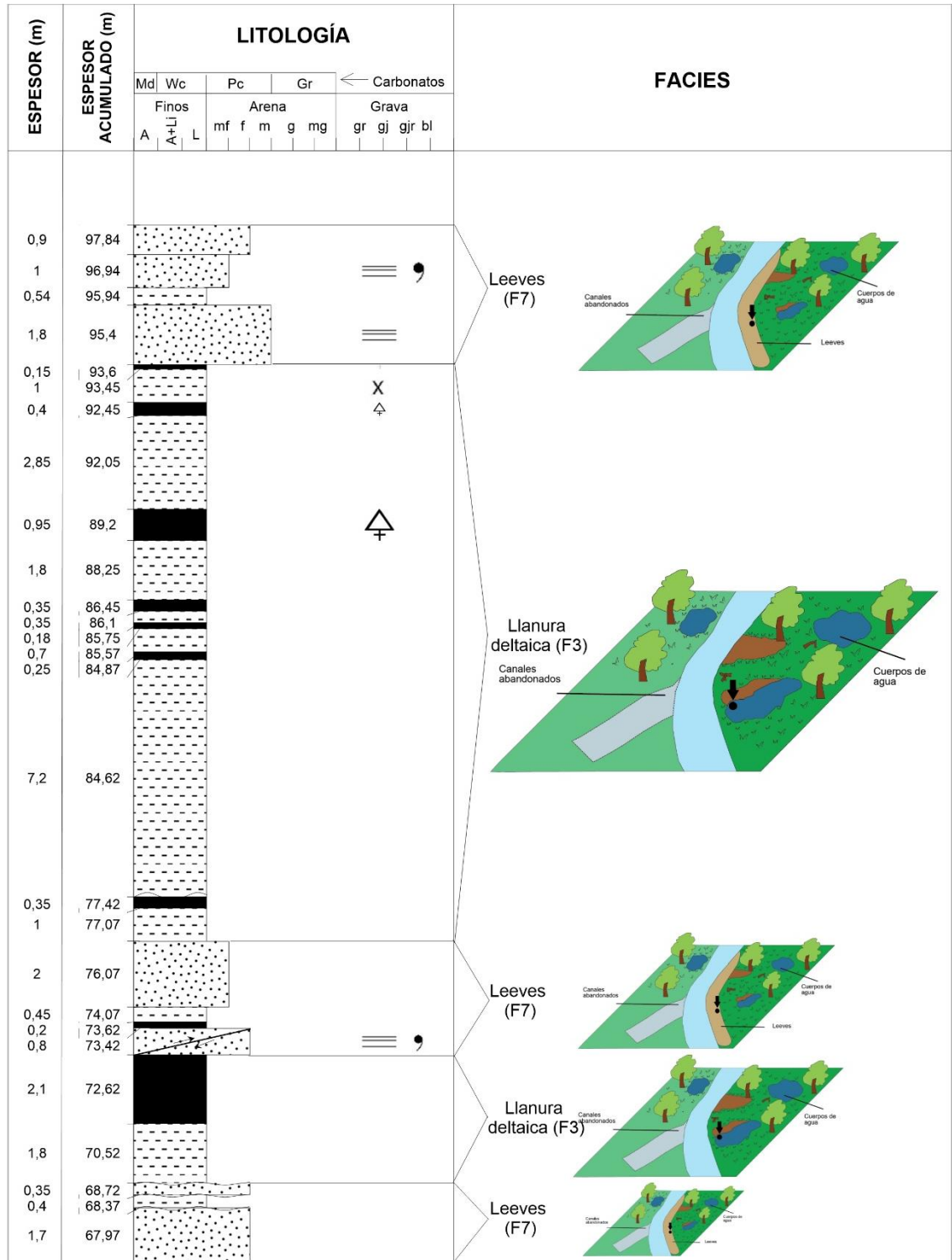


Figura 51. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde 66,27m hasta los 97,84m

Luego, de este ambiente continental, la sección cambia a ambientes marino someros, de facies 'Playa' (**101,69m – 103,19m**) y 'Playa en condiciones secas' (**103,19 – 103,99m**). Las facies 'Playa' (F1) está reflejada en areniscas muy finas y finas con contenido fósil de bivalvos, gasterópodos; bioturbación, laminación de materia orgánica y madrigueras verticales y horizontales (Figura 52). La presencia de estas madrigueras, argumentan un posible cambio de energía en el ambiente, en algunos periodos, de sedimentación en suspensión por la acción de corrientes débiles y otros, de más alta energía (Ichaso & Dalrymple, 2014). Por encima de estos estratos, se encuentra una capa de arenisca fina con laminaciones de óxidos, madrigueras verticales y horizontales, y yeso, de facies 'Playa en condiciones secas' (F4). Para explicar ello, se plantean dos hipótesis, la primera, la existencia de dos periodos, uno en el que predominaban condiciones favorables para presencia de organismos y otro, de condiciones muy áridas, en las cuales se precipitaron minerales como el yeso. La segunda, son organismos capaces de soportar condiciones secas en las cuales ocurrió este sulfato.

Durante los **103,99m** y **109,04m**, se deducen ambientes marinos más profundos a los ya descritos, de facies 'Frente de playa inferior' (F8). Los depósitos de este tipo de frente, se forman bajo condiciones de baja energía y gradan hacia el mar, a depósitos de plataforma abierta. Están compuestos por areniscas finas a muy finas, aunque pueden contener capas delgadas, de intercalaciones de limo y lodo. Las estructuras sedimentarias incluyen estratificación cruzada a pequeña escala, laminación casi horizontal y estratificación *hummocky* por acción de tormentas; y las trazas fósiles comunes, pueden ser *Thalassinoides* (Boggs, 2006). Es por ello, que se entiende que los estratos de lodolita fosilífera, arenisca muy fina y wackestone, acompañados de laminación de materia orgánica, bivalvos, gasterópodos, madrigueras verticales y horizontales hacen parte de estas facies. El desarrollo de nódulos y sulfuros, se cree que pudo ser posterior a la formación de estos estratos, bajo condiciones oxidantes y la influencia de agua rica en sulfuros.

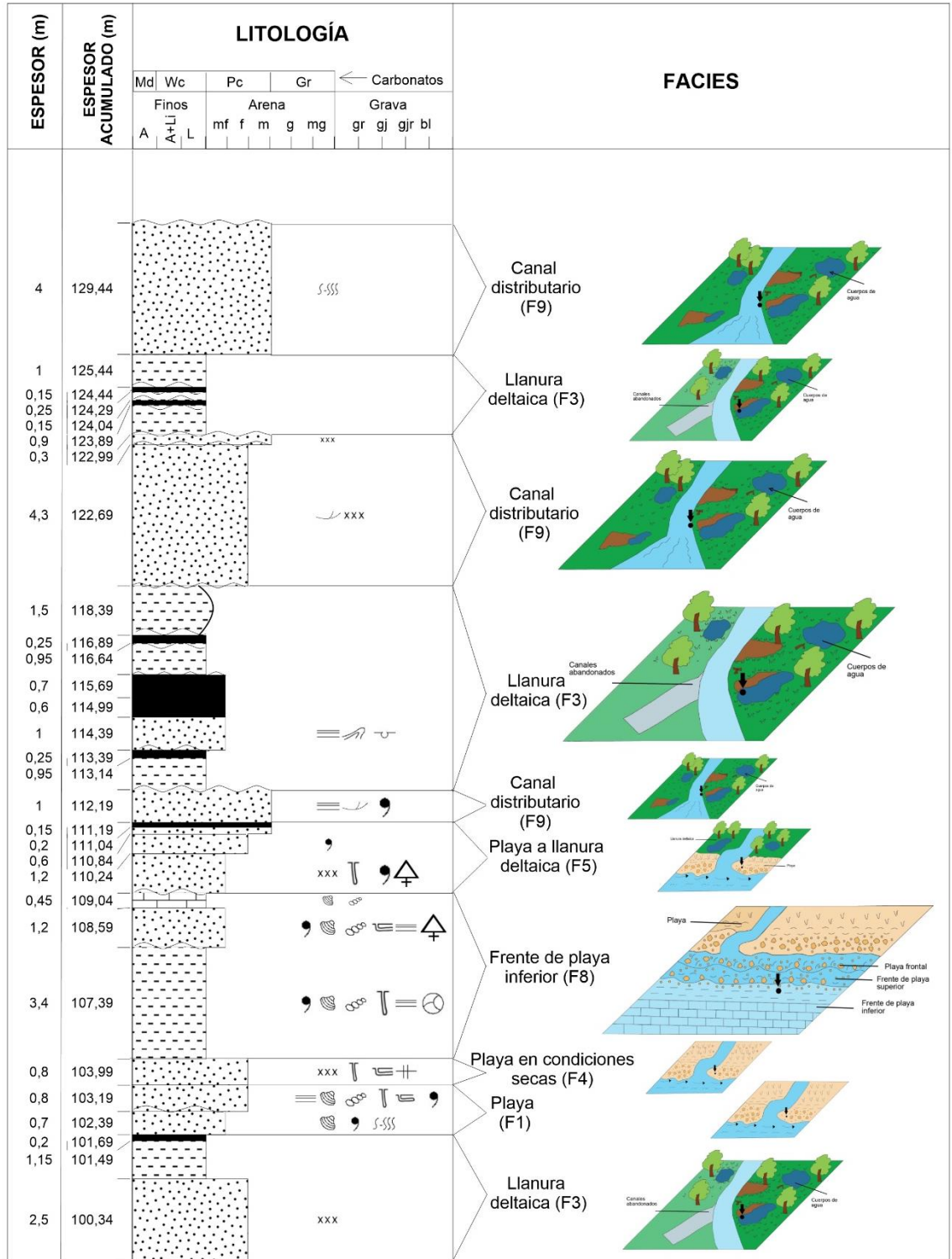


Figura 52. Facies de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro desde los 97,84m hasta el techo.

El cambio de las facies de 'Playa inferior' (F8) a las facies 'Playa a llanura deltaica' (F5) está marcado por un contacto erosivo. Esta última facies, abarca desde los **109,04m** hasta los **111,19m**, y comprende areniscas muy finas, finas y medias. La arenisca fina, acompañada de materia orgánica, láminas de oxidación, sulfuros y madrigueras verticales, es característica de ambientes de playa, mientras que, las areniscas de tamaño fino y medio, con materia orgánica, y el carbón, indican ambientes más continentales, como lo son las llanuras deltaicas.

Los estratos por encima de los **111,19m**, se cree pertenecen a ambientes continentales, asociado a deltas, como lo son, canales distributarios y llanuras deltaicas.

Los canales distributarios tienen depósitos que son, principalmente arenas erosionadas hacia la base, hacia el techo pueden ser arenas finas, con estratificación cruzada o laminación ondulada acompañadas de intercalaciones de limo y arcilla (Coleman, 1981). El espesor de 1m de arenisca media con laminación paralela de materia orgánica y estratificación cruzada, es similar a las características de las facies 'Canales distributarios' (F9).

Con contactos erosivos, entre los **112,19m** y **118,39m** afloran estratos de lodolitas, carbón y una arenisca tamaño muy fino, que se asocian a las facies 'Llanura deltaica' (F3).

Según Tucker (2003), la estructura sedimentaria convoluta es considerada una estratificación deformada producida por diferentes procesos. Uno de ellas, es la deformación por corrientes en la superficie de un sedimento y el arrastre friccional, causado por la arena en movimiento. Otros, como la licuefacción, son frecuentemente inducidos por terremotos, en muchos casos, por movimientos sinsedimentarios en fallas.

Las estructuras convoluta y de carga observadas en la arenisca de 1m de espesor entre los **113,39m** y **114,39m**, sobre un contacto irregular, se infiere que son causadas por procesos de licuefacción durante la sedimentación.

Sobre un contacto irregular, a los **118,39m** se dispone un estrato de arenisca muy fina con características de las facies 'Canal distributivo' (F9), como la estratificación cruzada, seguido en contacto erosivo de una arenisca tamaño medio. La variación en el tamaño de grano, posiblemente indique aumentos en la energía del flujo.

Entre los **123,89m** y hasta los **125,44m**, se presenta una alternancia de lodolitas y carbones, pertenecientes a las facies 'Llanura deltaica' (F3). Finalmente, en el techo de la sección reaperecen las facies de 'Canal distributivo' (F9), con una arenisca de tamaño medio bioturbada.

6 DISCUSIÓN

La sedimentación es generalmente controlada por una combinación de procesos autogénicos y alogénicos, que determinan la distribución de los elementos en un sistema depositacional, así como los patrones de acumulación a gran escala dentro de una cuenca sedimentaria. Los procesos autogénicos, por ejemplo, la avulsión auto inducida en ambientes fluviales y de aguas profundas, son particularmente importante en sistemas subdepositacionales, y son comúnmente estudiados usando métodos de sedimentología convencional y análisis de facies (Catuneanu, 2006).

Los ambientes de la Formación El Floral – Ciénaga de Oro, varían entre marino somero y continental, siendo estos últimos de facies deltaicas. Según Reading (1996), este tipo de facies varían considerablemente en su naturaleza tanto dentro, como entre deltas individuales. El tipo de secuencia está gobernado por la naturaleza del delta, ya sea dominados por ríos, olas o mareas, o si crecen en aguas superficiales o profundas. Además, la posición de la sección en relación a los canales distributarios, influencia el detalle de la secuencia de facies.

En general, los cambios de facies encontrados en la sección pertenecen a secuencias a pequeña escala, resultado de procesos como la migración de lóbulos de los deltas, y de canales distributarios (Boggs, 2006), a diferencia de secuencias a gran escala causadas por cambios tectónicos y climáticos relacionados con aumentos o descensos en el nivel relativo y eustático del mar (Reading, 1996).

Los cambios de facies, a lo largo de la sección estudiada pueden ser explicados por: (i) un aporte de sedimentos, que causa la avulsión, considerado como cambios en la posición del canal, entre ellos el movimiento lateral (Leeder, 2011; Nichols, 2009). Lo anterior, hace que, donde antes se encontraban facies continentales el sistema pase a desarrollar facies de aguas marinas someras o (ii) la disminución en el caudal del canal y también en el aporte de sedimentos, permitiendo que procesos

marinos, como el oleaje, actúen sobre sedimentos y produzcan características de este tipo de facies.

Otro escenario generado por el proceso de avulsión del canal de un delta, es la búsqueda periódica de nuevas rutas hacia el mar (Leeder, 2011). Cuando esto ocurre, deja canales abandonados, y en los antiguos ambientes marino somero, se depositan sedimentos continentales en posibles pantanos, ciénagas o lagos, acompañados de vegetación.

Particularmente, se da la aparición de la facies 'Playa en condiciones secas' (F4) (15,28-17,28m, 23,93-24,93m, 103,19-103,99m), en donde se da la formación de minerales característicos de zonas con poca humedad como el yeso. Por lo tanto, esta facies sugiere un clima árido en comparación con el resto de facies. Consecuentemente, la sección estratigráfica estudiada muestra posibles cambios climáticos durante el Oligoceno-Mioceno tardío en la formación El Floral - Ciénaga de Oro.

Finalmente, es posible concluir que la aparición de las mismas facies a lo largo de toda la sección (e.g. frente de playa superior a playa frontal, aparece entre los 5,03-11,48m, 18,23-23,93m, 27,88-35,28m y 43,33-46,78m) demuestra la variación autocíclica en un sistema deltaico y no cambios relativos o eustáticos en el nivel del mar como ha sido sugerido por Dueñas (1983). Aparte, cabe resaltar que cuando se depositaron los tipos de facies repetidas en la sección, se dieron en intervalos de tiempo distintos, posiblemente con aportes y condiciones climáticas diferentes como es reflejado en la variedad de composiciones litológicas, la presencia de fósiles (e.g. vegetación) y el contenido de materia orgánica.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La Formación El Floral – Ciénaga de Oro está compuesta por rocas sedimentarias detríticas y químicas. Entre ellas, conglomerados, areniscas desde tamaño de grano muy finos a muy gruesos, lodolitas, carbones y calizas; acompañadas de estructuras sedimentarias, trazas y contenido fósil. Composicionalmente, se tienen en su mayoría arcosas, sublitoarenitas, subarcosas y cuarzoarenitas.
- La secuencia de rocas pertenecientes a la Formación El Floral – Ciénaga de Oro estuvo influenciada por ambientes transicionales, de deltas a marinos someros, evidenciado por las facies de playa, llanura deltaica, canales distributarios, frente de playa superior, playa frontal y frente de playa inferior.
- En la sección estratigráfica dominaron procesos deltaicos, y la autociclicidad relacionada a estos, que permitieron la acumulación de las mismas facies a lo largo de la columna; en lugar de cambios relativos y eustáticos del nivel del mar como ha sido propuesto.
- Los cambios entre las facies definidas, se cree que se produjeron por diversos procesos como la avulsión del canal, generada por un aumento en el aporte de sedimentos; disminución del caudal que hace que procesos marinos (e.g. oleaje) tomen ventaja sobre el continente.
- Teniendo en cuenta información palinológica, la Formación El Floral – Ciénaga de Oro se depositó en el intervalo de tiempo Oligoceno – Mioceno, en el cual se pudieron dar cambios climáticos reflejados en la aparición de minerales como yeso, que se forman cuando la evaporación supera la precipitación en el ambiente.

- Durante la realización de este estudio, se encontró una incongruencia en la información cartográfica de la Plancha 71 Planeta Rica (INGEOMINAS, 1999). En el lugar donde aflora la sección estudiada, está definida la Formación El Floral como “una secuencia de lodolitas varicoloreadas con algunos desarrollos arenosos a la base”, lo cual es contrario a la variedad de rocas encontradas. Es por ello que se sugiere actualizaciones en la información cartográfica.
- Para próximos estudios se recomienda la realización de petrografía más detallada con el fin de definir la proveniencia de los sedimentos de la Formación. Lo anterior, puede estar acompañado del análisis de paleocorrientes encontradas en las estratificaciones cruzadas. También, por la diversidad de rasgos estructurales y de contenido fósil a lo largo de la sección, se podrían desarrollar estudios estructurales y paleontológicos, respectivamente, en el primer caso, que definan su relación con el marco geológico regional.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Adams, A. E., MacKenzie, W. S., Guilford, C. (1984). *Atlas of sedimentary rocks under the microscope* . Longman.
- Barrero, D., Pardo, A., Vargas, C. A., Martínez, J. F. (2007). *Colombian sedimentary basins: Nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal*. (Vol. 1). Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- Bermudez H.D., A. M., Grajales Y.A., Restrepo L.C., Rosero J.S., & Guzmán C., R. E. C., Navarrete R.E., Jaramillo C., Osorno J.F. (2009). *Estratigrafía y evolución geológica de la secuencia sedimentaria del Cinturón Plegado de San Jacinto*. Paper presented at the XII Congreso Colombiano de Geología.
- Boggs, S. (2006). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy (4th edition)*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Bourgeois, J., Leithold, E. (1984). *Wave-Worked Conglomerates—Depositional Processes and Criteria for Recognition* (Vol. 10): Canadian Society Petroleum Geologists Memoir.
- Caro, M., Spratt, D. (2003). Tectonic evolution of the San Jacinto fold belt, NW Colombia. *CSEG Recorder*, 2, 36-43.
- Catuneanu, O. (2006). *Principles of sequence stratigraphy*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier BV.
- Coleman, J. M. (1981). *Deltas: Processes and Models of deposition for exploration*. Minneapolis: Burgess, CEPCO Division.
- Dueñas, H. (1983). Fluctuaciones del nivel del mar durante el depósito de los sedimentos basales de la Formación Ciénaga de Oro. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*(15), 67-76.

- Dueñas, H. (1986). Geología y Palinología de la Formación Ciénaga de Oro, Región Caribe Colombiana. *Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas*, 18, 1-51.
- Dueñas, H., Duque - Caro, H. (1981). Geología del cuadrángulo F-8. *Bol. Geol. Ingeominas*, 24(1), 1-35.
- Dunham, R. J. (1962). *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. Tulsa, OK: Memoir 1, American Association of Petroleum Geologists.
- Duque - Caro, H. (1980). Geotectónica y evolución de la región Noroccidental Colombiana. *Boletín Geológico*, 23(3), 1-80.
- Folk, R. L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologist - Bulletin*, 43.
- Folk, R. L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. In W. E. e. Ham (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks* (pp. 62-84): AAPG Memoir 1.
- Folk, R. L. (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, TX: Hemphill Publishing Co.
- GEOTEC. (2003). *Geología de los Cinturones Sinú - San Jacinto 50 Puerto Escondido, 51 Lorica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo, 80 Tierralta. Escala 1: 100.000*. Bogotá: INGEOMINAS.
- Guzmán, W., García, A. M., Ramírez, C. (2009). *Estudio petrográfico y diagenético de la secuencia cenozoica del Cinturón Plegado de San Jacinto y su aplicación en la determinación en la calidad de reservorios*. Paper presented at the XII Congreso Colombiano de Geología.

Ichaso, A., Dalrymple, R. (2014). *Eustatic, tectonic and climatic controls on an early syn-rift mixed-energy delta, Tilje Formation (Early Jurassic, Smørbukk field, offshore mid-Norway)*. Chichester, UK.: John Wiley & Sons, Ltd.

INGEOMINAS. (1999). *Plancha 71 Planeta Rica, Escala 1:100.000*.

Kellogg, J., Toto, E., Cerón, J. (2005). *Structure and tectonics of the Sinu-San Jacinto accretionary prism in northern Colombia*. Paper presented at the X Congreso Colombiano de Geología.

Koutsoukos, E. A. E. (2005). *Applied Stratigraphy*. Dordrecht, The Netherlands: Springer Science & Business Media.

Leeder, M. R. (2011). *Sedimentology and sedimentary basins: from turbulence to tectonics (2nd Edition)*: Wiley - Blackwell.

Middleton, G. V. (1973). Johannes Walther's law of correlation of facies. *Bulletin of the Geological Society of America*, 84, 979–988.

Neuendorf, K. K. E., Mehl, J. P. Jr., Jackson, J. A. (2005). *Glossary of Geology. Fifth edition*. Alexandria, Virginia: American Geological Institute.

Nichols, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy (Second Edition)*. Oxford: Wiley - Blackwell.

Reading, H. G. E. (1996). *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy (3rd edition)*. Oxford: Blackwell Science.

Tucker, M. E. (2003). *Sedimentary Rocks in the Field (3rd edition)*. Chichester: Wiley.

Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392.

ANEXOS

ANEXO A. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA CON DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS. ESCALA 1:150

ESPESOR (m)	ESPESOR ACUMULADO (m)	LITOLOGÍA										DATO ESTRUCTURAL	COMPOSICIÓN (%)			MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Md		Wc		Pc			Gr				Carbonatos				
		Finos		Arena			Grava										
A	A+Li	L	mf	f	m	g	mg	gr	gj	gjr	bl	Q	Fto	Lit			
2	33,78												56	30	14	LS-2Q	Arcosa lítica con laminación de materia orgánica y contenido fósil de bivalvos hacia la base.
0,6	31,78												89	1	10	LS-2P	Sublitoarenita fosilífera sin presencia de oxidación.
1,8	31,18												89	2	9	LS-2O	Sublitoarenita de tamaño fino con concreciones
0,9	29,38												95	3	2	LS-5G	Cuarzoarenita fosilífera con grano tamaño guijos angulares de hasta 2 cm
0,6	28,48												75	10	15	LS-2N	Sublitoarenita fosilífera
0,5	27,88												70	10	20	LS-5F	Sublitoarenita de tamaño de grano muy fino
0,65	26,88												70	10	20	LS-2M	Intercalación de sublitoarenita fina a gruesa
0,1	26,23											50/100	85	15	0	LS-2L	Subarcosa con laminación de materia orgánica
0,2	26,13												70	7	23	LS-2L	Carbón con lámina de yeso de 5 mm
1	25,93												85	0	15	LS-5E	Sublitoarenita con formas redondas de material mas grueso
	24,93												80	5	15	LS-2K	Sublitoarenita con lentes de limo
0,5	23,93												75	5	20	LS-5D	Sublitoarenita fina a muy gruesa bioturbada
2	23,43												90	2	8	LS-5C	Sublitoarenita fosilífera
1	21,43												75	5	20	LS-2J	Sublitoarenita de color blanco
2,2	20,43												70	25	5	LS-2I	Sublitoarenita con granos subangulares.
0,4	18,23												70	25	5	LS-2I	Subarcosa fosilífera. Hacia la base de la capa se observa un lente de carbón.
0,25	17,83												80	10	10	LS-2H	Lodolita de color gris friable
0,3	17,58												80	10	10	LS-2H	Carbón
2	17,28												80	8	12	LS-5B	Sublitoarenita con nodulos
1,8	15,28												80	8	12	LS-5B	Sublitoarenita de color café con fragmentos de yeso.
1,6	13,48											66/106				LS-2F, LS-2G	Lodolita gris disgregada o friable. Se encuentra en cuña y presenta materia orgánica.
0,4	11,88															LS-2F, LS-2G	Carbón con sulfuros. Este estrato parece estar encuñado.
1,3	11,48															LS-2F, LS-2G	Lodolita con micas y lentes de carbón
1,05	10,18												80	12	8	LS-5A	Este estrato parece estar encuñado.
0,15	9,13												80	12	8	LS-5A	Subarcosa de grano fino
1,15	8,98												80	15	5	LS-2E	Subarcosa de grano muy fino, menor competencia que el anterior estrato
1,1	7,83												80	15	5	LS-2E	Subarcosa de grano medio con colores amarillentos y láminas de óxidos
1,7	6,73												85	13	2	LS-2D	Subarcosa con bioturbación y láminas de óxidos
1,6	5,03															LS-2C	Subarcosa con bioturbación y láminas de óxidos
0,15	3,43												70	25	5	LS-2B	Conglomerado oligomictico (cuarzo y fragmentos líticos), matriz soportado.
3,28	3,28											27/122	95	1	4	LS-2A	Subarcosa con gradación normal
																LS-2A	Lodolita con colores grises y rojizos laminados.
																LS-2A	Cuarzoarenita con variación de tamaño de granos. Se observan lentes de lodo. Los guijarros son fragmentos de roca y cuarzo, subangulares a angulares con aparente imbricación

ESPESOR (m)	ESPESOR ACUMULADO (m)	LITOLOGÍA										DATO ESTRUCTURAL	COMPOSICIÓN (%)			MUESTRA	DESCRIPCIÓN			
		Mdl		Wc		Pc			Gr				Carbonatos					Q	Fto	Lit
		A	A+L	L	mf	f	m	g	mg	gr	gj		gjr	bl						
0,2	66,27																			
1,2	66,07																			
0,49	64,87																			
2,7	64,38																			
2,8	61,68																			
0,55	58,88																			
1	58,33																			
0,45	57,33																			
0,45	56,88																			
3,2	56,43																			
0,6	53,23																			
0,2	52,63																			
0,4	52,43																			
0,05	52,03																			
4,4	51,98																			
0,4	47,58																			
0,4	47,18																			
0,65	46,78																			
2	46,13																			
0,8	44,13																			
3,3	43,33																			
2,15	40,03																			
2	37,88																			
0,3	35,88																			
0,3	35,58																			
1,5	35,28																			

ESPESOR (m)	ESPESOR ACUMULADO (m)	LITOLOGÍA										DATO ESTRUCTURAL	COMPOSICIÓN (%)			MUESTRA	DESCRIPCIÓN		
		Mdl		Wc		Pc			Gr		Carbonatos			Q	Fto			Lit	
		A	A+L	L	mf	f	m	g	mg	gr	gj		gjr						bl
0,9	97,84														89	7	4	LS-3JJ	Subarcosa de grano fino
1	96,94											≡	●	28/152	100	0	0	LS-3HH	Cuarzoarenita con laminación paralela de materia orgánica
0,54	95,94																		Lodolita gris disgregada o friable
1,8	95,4											≡		23/114	70	20	5	LS-3II	Subarcosa de grano medio con laminación de lodo?. Presenta cuarzo subangulares
0,15	93,6											+		22/74					Carbón con yeso
1	93,45											X							Lodolita gris disgregada o friable.
0,4	92,45											△							Presenta óxidos y micas
2,85	92,05																		Carbón con sulfuros
0,95	89,2											△	+						Lodolita gris disgregada o friable
1,8	88,25																		Carbón
0,35	86,45																		Lodolita gris disgregada o friable
0,35	86,1																		Carbón
0,18	85,75													30/105					Lodolita gris disgregada o friable
0,7	85,57													40/111					Carbón
0,25	84,87																		Lodolita gris disgregada o friable
7,2	84,62																		Carbón
0,35	77,42													42/140					Lodolita gris disgregada o friable
1	77,07																		Carbón
2	76,07														40	60	0	LS-3GG	Arcosa de tamaño muy fino
0,45	74,07																		Lodolita gris disgregada o friable
0,2	73,62											≡	●		55	5	40	LS-3FF	Carbón
0,8	73,42																		Litoarenita feldespática con laminación paralela de materia orgánica
2,1	72,62																		Carbón
1,8	70,52																		Lodolita gris disgregada o friable
0,35	68,72														90	3	7	LS-5M	Sublitoarenita fina con micas
0,4	68,37																		Lodolita gris disgregada o friable
1,7	67,97														93	6	1	LS-5L	Subarcosa de grano fino con un alto porcentaje de micas

**ANEXO B. FORMATOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS
PETROGRÁFICAS**

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 2D

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria siliciclástica

Textura: Arenisca muy gruesa a arenisca conglomerática

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos y calcita

Color: 10YR 7/4 Grayish Orange

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización:

Reacción al HCl: Si

Fósiles: Bivalvos y gasterópodos.

OBSERVACIONES: Presenta granos de cuarzo de hasta 1 cm.



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 30 a 150 micras

Selección: Mala

Redondez: Subangulares a redondeados

Esfericidad: Alta

Contacto entre granos:

Flotante: 75%

Suturado: 2 %

Tangencial: 23%

Cóncavo-convexo: %

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 87.4%

Monocristalino: 65.8 %

Policristalino: 21.6%

Descripción: Se observan cuarzos con extinción ondulatoria y paralela.

Feldespato: 10.7%

Descripción: Se observan feldespatos con macla definida y hábitos tabulares.

Micas: %

Descripción: Moscovita

Opacos: %

Descripción:

Óxidos: 0.006%

Descripción: Hematita?

Otros: %

Descripción: Calcita

Líticos: 1.7%

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: %

Descripción:

Sedimentarios: %

Descripción:

Materia orgánica: %

Descripción:

Matriz: 11.3 %

Tipo: Silíceo

Cemento: 20%

Tipo: Calcáreo

Bioclastos: 2%

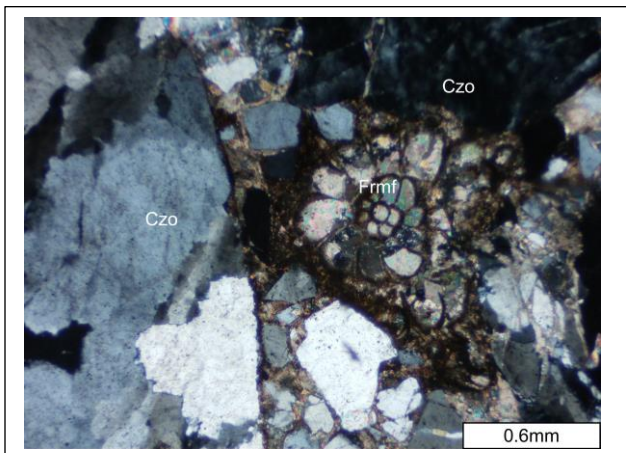
Descripción: Foraminíferos, conchas de bivalvos

CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

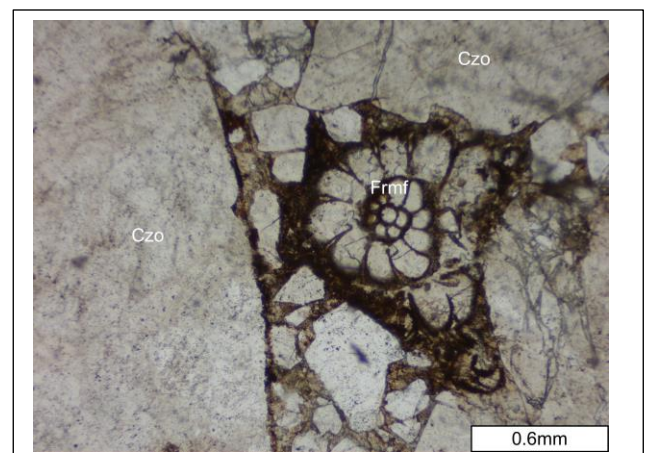
Nombre composicional (Folk, 1974): Subarcosa
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos =100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 2D. Objetivo 4x: Czo: Cuarzo, Frmf: Foraminífero

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 20

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria silisiclástica

Textura: Arenisca fina

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos, biotita, moscovita, calcita y materia orgánica.

Color: 5 YR 4/1 Brownish Gray

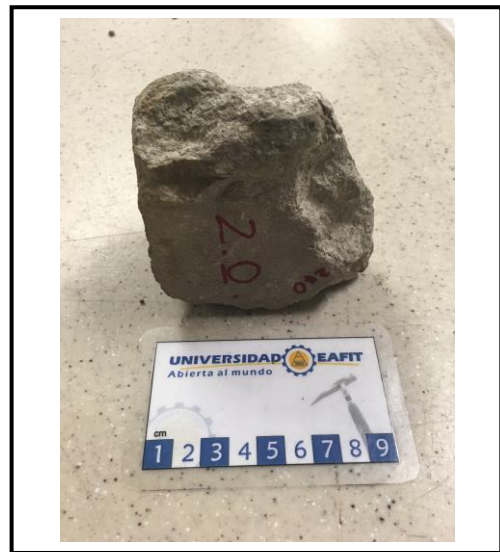
Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización:

Reacción al HCl: si

Fósiles: conchas de bivalvos

OBSERVACIONES:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 5-10 micras

Selección: Mala

Redondez: Subangulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: 98%

Suturado: %

Tangencial: 2%

Cóncavo-convexo: %

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 89%

Monocristalino: 62,6 %

Policristalino: 26,4%

Descripción: Se observan cuarzos con extinción ondulatoria en su mayoría, y con extinción paralela.

Feldespato: 2%

Descripción: Microclina

Micas: Descripción:

Opacos: 0.06% Descripción:

Óxidos: Descripción:

Otros: 0.05% Descripción: Glauconita (0.02%), clasto calcáreo (0.03%), calcita (0.003%)

Líticos: 9%

Metamórficos: % Descripción: rocas metamórficas

Ígneos: % Descripción: rocas volcánicas

Sedimentarios: % Descripción:

Materia orgánica: % Descripción:

Matriz: 0.15% Tipo: Arcillosa

Cemento: 0.01% Tipo: Calcáreo

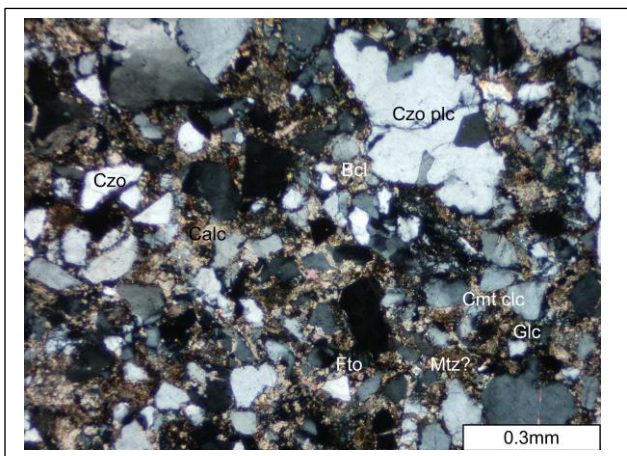
Bioclastos: 0.04% Descripción:

CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

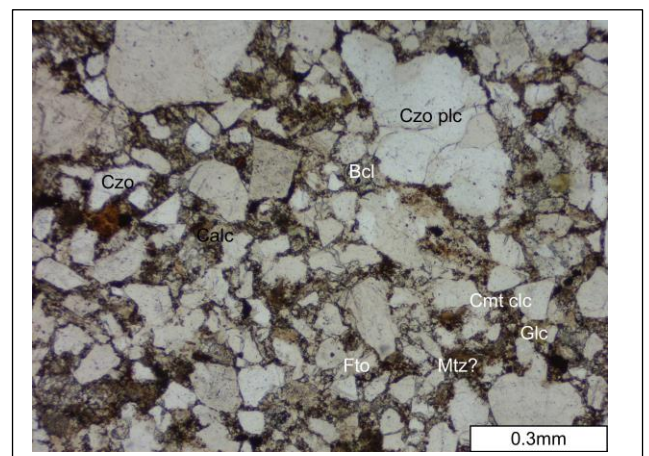
Nombre composicional (Folk, 1974): Sublitoarenita
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos =100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 20. Objetivo 10x : Czo: Cuarzo, Calc: Calcita, Bcl: Bioclasto, Czo plc: Cuarzo policristalino, Fto: Feldespato, Glc: Glauconita, Mtz?: Matriz ?

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 2P

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria silisiclástica

Textura: Arenisca muy fina

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos,
biotita, moscovita, calcita

Color: 5 YR 4/1 Brownish Gray

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización:

Reacción al HCl: Si

Fósiles: Bivalvos y gasterópodos

OBSERVACIONES:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 8 a 220 micras

Selección: Media a buena

Redondez: Angulares a subangulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: 90 %

Suturado: %

Tangencial: 10%

Cóncavo-convexo: %

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 88.7%

Monocristalino: 94.4%

Policristalino: 5.6%

Descripción: Se observan cuarzos con extinción ondulatoria en su mayoría.

Feldespato: 0.8%

Descripción: Se observan maclas y microclina

Micas: % Descripción: Biotita plegada?

Opacos: % Descripción:

Óxidos: % Descripción:

Otros: 0.01% Descripción: Glauconita

Líticos: 10.4%

Metamórficos: % Descripción:

Ígneos: % Descripción:

Sedimentarios: % Descripción:

Materia orgánica: % Descripción:

Matriz: 26.9 % Tipo: Lodo?

Cemento: 21.4% Tipo: Calcáreo

Bioclastos: 0.076% Descripción: Bivalvos, foraminíferos.

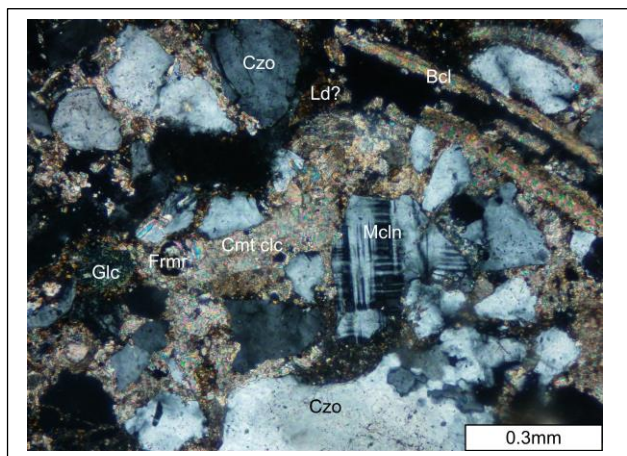
CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

Nombre composicional (Folk, 1974): Sublitoarenita

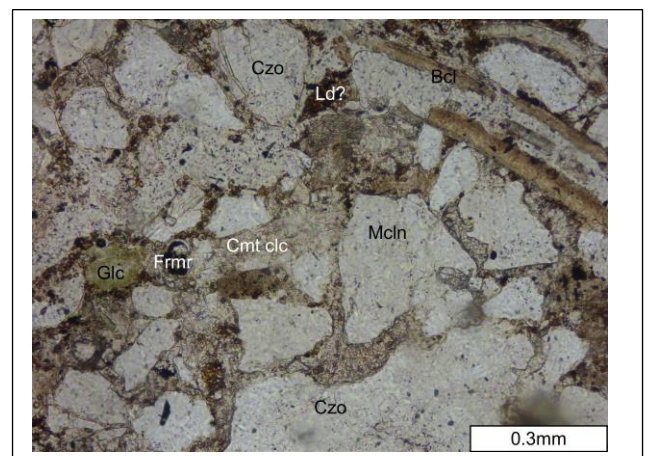
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos = 100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 2P. Objetivo 10x: Mcln: Microclina, Czo: Cuarzo, Glc: Glauconita, Cmt clc: Cemento calcáreo, Bcl: Bioclasto, Ld: Lodo, Frmf: Foraminífero

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 2Q

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria silisiclástica

Textura: Arenisca muy fina

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos, moscovita, materia orgánica, clorita y glauconita.

Color: 5Y 7/2 Yellowish Gray

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización: Presenta oxidación

Reacción al HCl: Si

Fósiles: Conchas de bivalvos.



OBSERVACIONES:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 2-120 micras

Selección: Mala

Redondez: Angulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: 5%

Suturado: %

Tangencial: 75%

Cóncavo-convexo: 1%

Longitudinal: 14%

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 56%

Monocristalino: 53,1%

Policristalino: 2,9%

Descripción: Dentro del cuarzo monocristalino, existen cuarzoes con extinción ondulatoria y otros con extinción paralela.

Feldespato: 30%

Descripción: Se encuentran unos alterados y otros no.

Micas: 0.09%

Descripción: Moscovita

Opacos: 0.003%

Descripción:

Óxidos:

Descripción:

Otros: 0.033%

Descripción: clorita (0.003%) y glauconita (0.03%)

Líticos: 14%

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: %

Descripción:

Sedimentarios: 14%

Descripción: Arcillolitas

Materia orgánica:

Descripción:

Matriz:

Tipo:

Cemento: 0.03%

Tipo: silíceo

Bioclastos: 0.01%

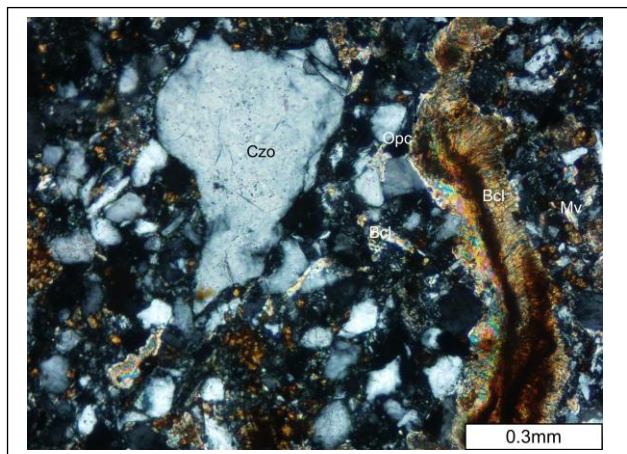
Descripción: Conchas de bivalvos

CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

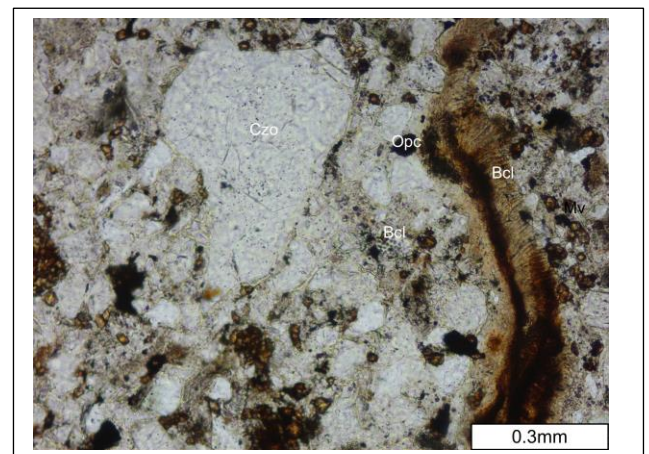
Nombre composicional (Folk, 1974): Arcosa
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos =100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 2Q. Objetivo 10x : Czo: Cuarzo, Opc: Opacos: Bcl: Bioclasto, Mv: Moscovita.

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 2R

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCION MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria silisiclástica

Textura: Arenisca fina

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos,
biotita, moscovita, materia orgánica, óxidos
Color: 5Y 6/1 Light Olive Gray

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización: Presenta oxidación

Reacción al HCl: No

Fósiles: No

OBSERVACIONES:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 3-37 micras

Selección: Mala

Redondez: Angulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: %

Suturado: %

Tangencial: 100%

Cóncavo-convexo: %

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 67%

Monocristalino: 67%

Policristalino:

Descripción: Se observan cuarzos con extinción ondulatoria en su mayoría, y con extinción ondulatoria.

Feldespatos: 31%

Descripción:

Micas: 0.03 %

Descripción: Moscovita

Opacos: 0.02%

Descripción:

Óxidos: 0.06%

Descripción:

Otros: 0.09%

Descripción: Glauconita

Líticos: 2%

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: %

Descripción:

Sedimentarios: 2%

Descripción: Arcillolitas

Materia orgánica: %

Descripción:

Matriz: %

Tipo:

Cemento: 0.07%

Tipo: Silíceo (0.06%), ferruginoso (0.01%)

Bioclastos: %

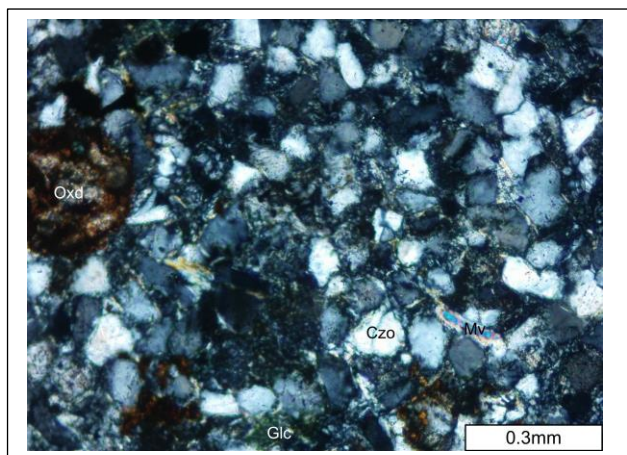
Descripción:

CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

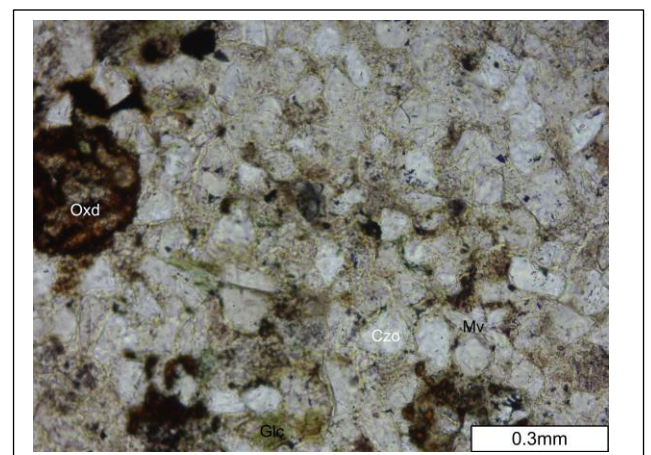
Nombre composicional (Folk, 1974): Arcosa lítica
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos =100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 2R. Objetivo 10x : Oxd: Óxidos, Glc: Glauconita, Czo: Cuarzo, Mv: Moscovita.

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 3W

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCION MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria silisiclástica

Textura: Arenisca muy fina

Composición: Moscovita

Color: 5YR 3/2 Grayish Brown

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización:

Reacción al HCl: No

Fósiles: No

OBSERVACIONES:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 2-150 micras

Selección: Mala

Redondez: Angulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: 85%

Suturado: %

Tangencial: 12%

Longitudinal: 3%

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 70%

Monocristalino: 0.64%

Policristalino: 0.06%

Descripción: Se observan cuarzos con extinción ondulatoria en su mayoría, y con extinción paralela.

Feldespato: 28%

Descripción: Se encuentran alterados

Micas: 0.02%

Descripción: Moscovita

Opacos: %

Descripción:

Óxidos: %

Descripción:

Otros: %

Descripción:

Líticos: 2%

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: %

Descripción: Ignea extrusiva(?)

Sedimentarios: %

Descripción: Cuarzoarenitas

Materia orgánica: %

Descripción:

Matriz: %

Tipo:

Cemento: 0.3%

Tipo: Ferruginoso

Bioclastos: %

Descripción:

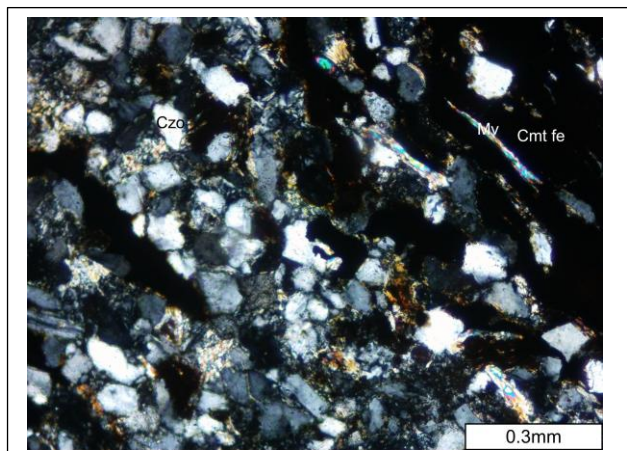
CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

Nombre composicional (Folk, 1974): Arcosa

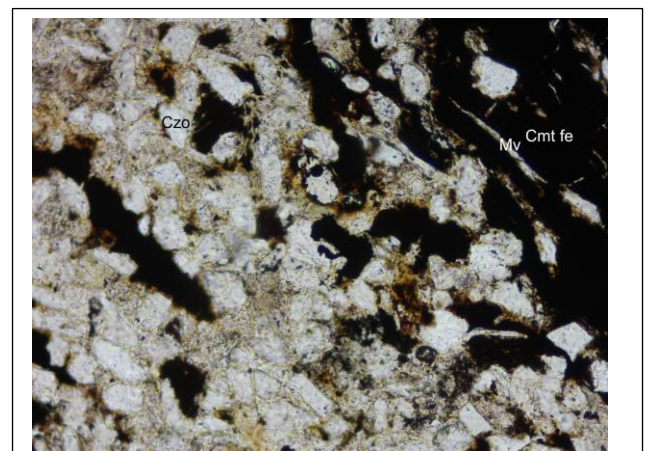
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos =100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 3W. Objetivo 10x : Czo: Cuarzo, Mv: Moscovita, Cmt fe: Cemento ferruginoso.

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 3Y

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria silisiclástica

Textura: Arenisca fina a media

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos,
biotita, moscovita, óxidos

Color: 10R 7/4 Moderate Orange Pink

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización: Presenta oxidación

Reacción al HCl: No

Fósiles: No

OBSERVACIONES: Se observan cuarzos con tonalidades amarillentas y rojizas



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 40 a 200 micras

Selección: Media a mala

Redondez: Angulares a subangulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: %

Suturado: 10%

Tangencial: 75 %

Cóncavo-convexo: 15%

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 81%

Monocristalino: 64%

Policristalino: 17%

Descripción: Se observa en su mayoría cuarzos con extinción ondulatoria

Feldespatos: 4.6%

Descripción:

Micas: 0.003 %

Descripción: Moscovita, biotita

Opacos: %

Descripción:

Óxidos: %

Descripción:

Otros: %

Descripción:

Líticos: 13.9%

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: 5%

Descripción:

Sedimentarios: 9%

Descripción:

Materia orgánica: %

Descripción:

Matriz: 24.6%

Tipo: Silícea

Cemento: 0.06%

Tipo: Ferruginoso

Bioclastos: %

Descripción:

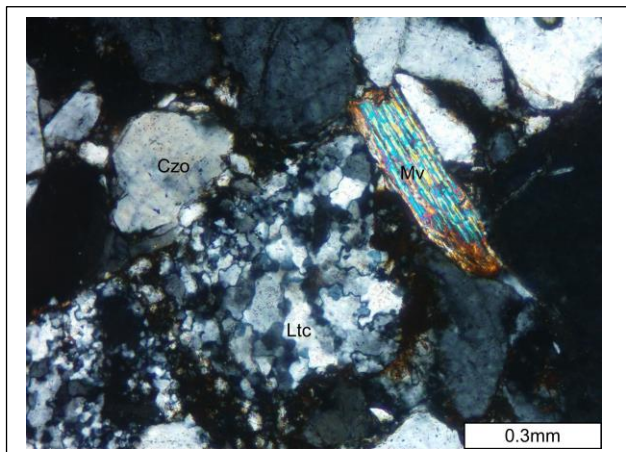
CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

Nombre composicional (Folk, 1974): Sublitoarenita

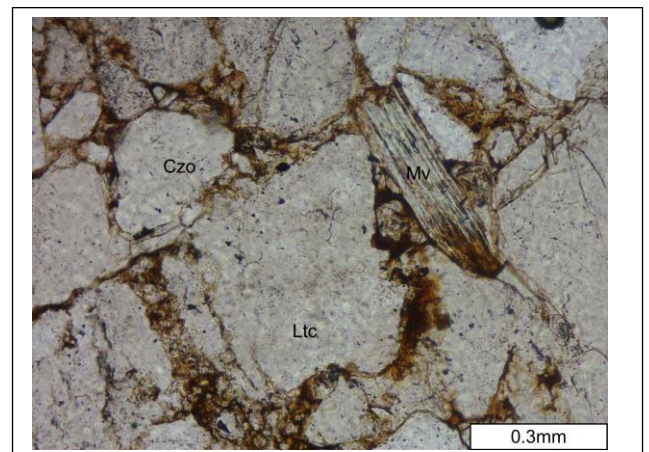
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos =100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 3Y. Objetivo 10x: Czo: Cuarzo, Ltc: Lítico, Mv: Moscovita

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 3BB

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCION MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria silisiclástica

Textura: Arenisca gruesa

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos

Color: 10 YR 8/2 Very Pale Orange

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización:

Reacción al HCl: No

Fósiles: No

OBSERVACIONES:



DESCRIPCIÓN MICRÓSCOPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 8 a 150 micras

Selección: Mala

Redondez: Subangulares a subredondeados

Esfericidad: Media

Contacto entre granos:

Flotante: 5%

Suturado: %

Tangencial: 70%

Cóncavo-convexo: 25%

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 93%

Monocristalino:

Policristalino:

Descripción: Se observan cuarzos con extinción ondulatoria en su mayoría, y con extinción ondulatoria.

Feldespatos: 1.3%

Descripción:

Micas: %

Descripción: Moscovita

Opacos: %

Descripción:

Óxidos: 0.003%

Descripción:

Otros: %

Descripción:

Líticos: 5.7%

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: %

Descripción:

Sedimentarios: %

Descripción:

Materia orgánica: %

Descripción:

Matriz: 40.3%

Tipo: Silíceo

Cemento: %

Tipo:

Bioclastos: %

Descripción:

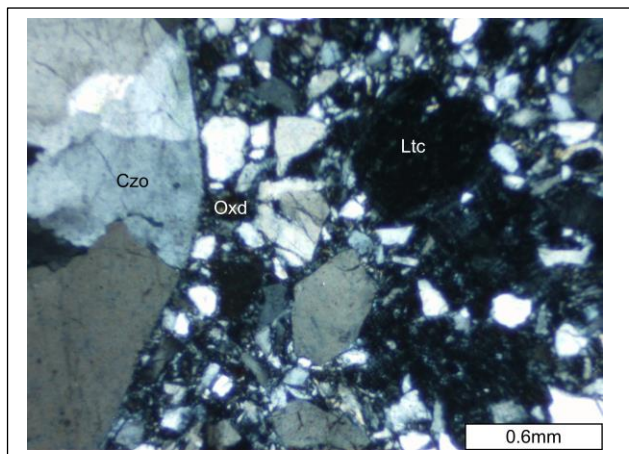
CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

Nombre composicional (Folk, 1974): Sublitoarenita

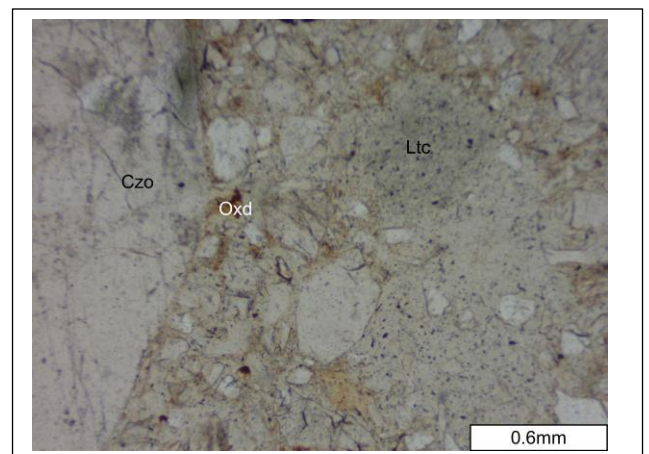
Cuarzo + Feldespatos + Líticos = 100%

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 3BB. Objetivo 4x: Czo: Cuarzo, Ltc: Lítico, Oxd: Óxidos

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 4QQ

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria química

Textura: Wackestone

Composición: Cuarzo, moscovita, materia orgánica, calcita

Color: 5B 5/1 Medium Bluish Gray

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización:

Reacción al HCl: Si

Fósiles: Bivalvos y gasterópodos

OBSERVACIONES:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 2 a 20 micras

Selección: Buena

Redondez: Angulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: 100%

Suturado: %

Tangencial: %

Cóncavo-convexo: %

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 25.3%

Monocristalino: %

Policristalino: %

Descripción:

Feldespatos: %

Descripción:

Micas: 0.01%

Descripción: Moscovita

Opacos: %

Descripción:

Óxidos: 0.04%

Descripción:

Otros: 0.023%

Descripción: Calcita (0.023%), glauconita

Líticos: %

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: %

Descripción:

Sedimentarios: %

Descripción:

Materia orgánica: 0.06%

Descripción:

Matriz: 67.6%

Tipo: Micrita

Cemento:

Tipo:

Bioclastos: 6.9%

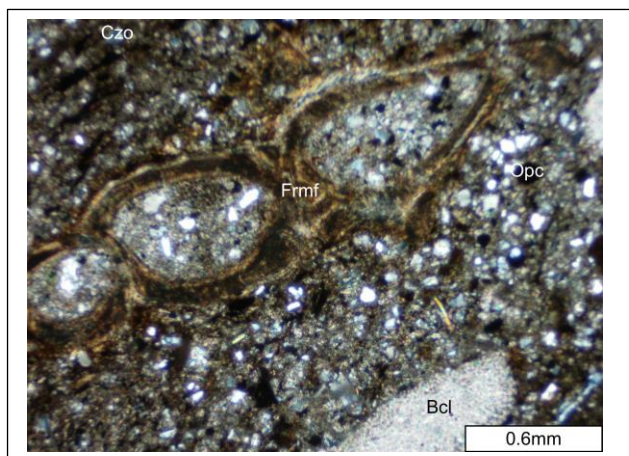
Descripción: Foraminíferos, conchas de bivalvos

CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

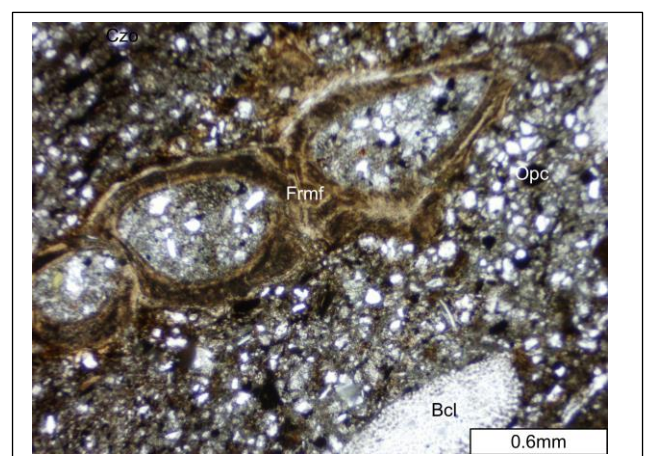
Nombre composicional (Folk, 1959,1962): Micrita fosilífera

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 4QQ. Objetivo 4x: Frmf: Foraminifero, Bcl: Bioclasto, Czo: Cuarzo, Opc: Opaco

FORMATO DE ANÁLISIS DE MUESTRAS PETROGRÁFICAS

Número de campo: Muestra 4UU

Formación: El Floral – Ciénaga de Oro

Sección: Curva del Diablo

Localización: Planeta Rica, Córdoba

Número de puntos de conteo: 300

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Tipo de roca: Roca sedimentaria siliciclástica

Textura: Arenisca muy fina

Composición: Cuarzo, feldespato, líticos,
materia orgánica, óxidos y sulfuros

Color: N7 Light Gray

Grado de bioturbación: Ninguna

Grado de meteorización: Presenta oxidación

Reacción al HCl: No

Fósiles: No

OBSERVACIONES:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA - PETROGRÁFICA

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Rango de tamaños: 5-30 micras

Selección: Mala

Redondez: Angulares

Esfericidad: Baja

Contacto entre granos:

Flotante: 70 %

Suturado: 1%

Tangencial: 28%

Cóncavo-convexo: 1%

DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Cuarzo: 95%

Monocristalino: 95%

Policristalino:

Descripción:

Feldespato: 4%

Descripción:

Micas: 0.07%

Descripción: Moscovita

Opacos: 0.02%

Descripción:

Óxidos:

Descripción:

Otros:

Descripción: Glauconita (0.02%)

Líticos: 1%

Metamórficos: %

Descripción:

Ígneos: 1%

Descripción: Roca volcánica

Sedimentarios:

Descripción:

Materia orgánica:

Descripción:

Matriz: %

Tipo:

Cemento: 0.29 %

Tipo: ferruginoso

Bioclastos: %

Descripción:

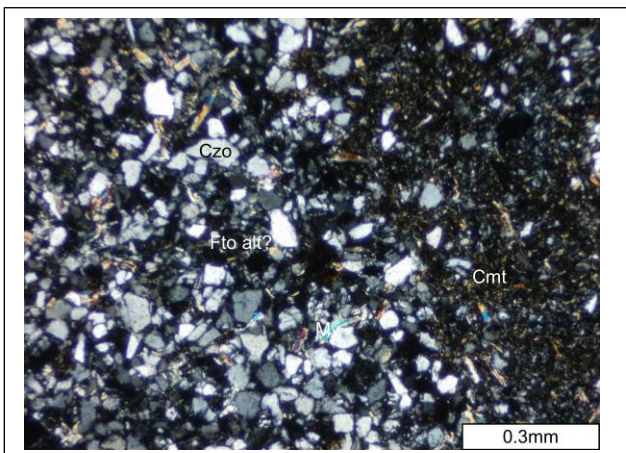
CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL

Nombre composicional (Folk, 1974): Cuarzoarenita

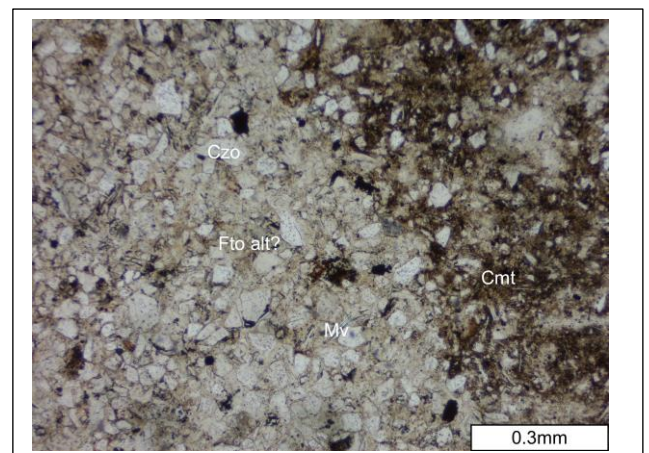
(Cuarzo + Feldespatos + Líticos =100%)

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Nicoles cruzados



Nicoles paralelos



Muestra 4UU. Objetivo 10x: Fto alt?: Feldespato alterado?, Czo: Cuarzo, Mv: Moscovita, Cmt: Cemento.